

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DI MODENA E REGGIO EMILIA**

**Dottorato di ricerca in Scienze Umanistiche**

Ciclo XXXII

*Settore Scientifico-disciplinare: M-PSI/08*

**TRAIETTORIA DI SVILUPPO DELL'ABILITÀ DI  
SET-SHIFTING DALL'INFANZIA ALL'ADOLESCENZA E NEI  
RAGAZZI CON DISLESSIA**

Presentata da: Marika Ferrara

Relatore  
Prof.ssa Maristella Scorza

Coordinatore del Corso di Dottorato  
Prof.ssa Marina Bondi

*Il ruolo di una teoria scientifica non è quello di fornire una soluzione tanto generale dei problemi da divenire irrefutabile per l'esperienza, ma, al contrario, di aprire nuove vie sulle quali si incontreranno presto o tardi nuovi ostacoli fecondi.*  
(Piaget, 1941)

## Abstract

Lo shifting è la capacità di passare in modo flessibile tra più compiti, strategie o stati mentali ed è una componente di base del funzionamento esecutivo implicata nello svolgimento di compiti esecutivi più complessi. Il set-shifting sembra avere un ruolo centrale nell'elaborazione linguistica, perché consente di passare rapidamente da un compito all'altro o da un set mentale all'altro. Ad oggi, non ci sono dati sull'abilità di set-shifting nei bambini italiani in età scolare. Inoltre, il ruolo delle funzioni esecutive (FE) nella dislessia non è ancora chiaro. Nella letteratura recente numerosi studi ritengono che la dislessia sia associata ad una compromissione delle FE, mentre altri autori non trovano alcuna associazione tra dislessia e difficoltà nei compiti di FE. Inoltre, i principali studi che hanno valutato le FE sia durante l'età evolutiva che nei ragazzi con dislessia si sono concentrati principalmente sulla pianificazione, sul problem solving e sulla memoria di lavoro mentre solo pochi studi si sono concentrati sul set-shifting. Gli obiettivi del nostro studio sono stati quelli di somministrare il test di fluenza verbale alternata, standardizzato per gli adulti, ad un ampio campione (n=879) di bambini e adolescenti (dagli otto ai diciotto anni) al fine di raccogliere dati normativi riferiti all'età dello sviluppo e di indagare l'abilità di set-shifting in 72 studenti con una diagnosi di dislessia evolutiva (DE).

Sono state valutate tre abilità: fluenza fonemica (FF), fluenza semantica (FS) e fluenza alternata (FA). I risultati suggeriscono che la capacità di set-shifting in bambini e adolescenti migliora con l'età. I dati mostrano una differenza significativa tra due gruppi (DE e ST) in due delle tre fluenze verbali (FF e FA). Abbiamo trovato una prestazione inferiore nel gruppo DE rispetto al gruppo di controllo. Inoltre, entrambi i gruppi, rispetto a quanto mostrato nell'età adulta, hanno mostrato maggiori difficoltà nel compito FF piuttosto che nei compiti FS e FA. In conclusione, questo studio supporta l'ipotesi di difficoltà nella componente esecutiva rappresentata dal set-shifting nei ragazzi con dislessia. Questi dati sostengono

l'importanza del set-shifting nella valutazione clinica e nella descrizione del profilo cognitivo di questi ragazzi.

## **Abstract**

Shifting has been conceptualized as the ability to flexibly switch between multiple task, strategies, or mental sets. It is a basic component of executive functioning, which is involved in carrying out more complex executive tasks. Set-shifting seems to have a central role in the linguistic elaboration because it permits to rapidly switch between tasks or mental sets. To date, there are no data about set-shifting skills in Italian school-age children. Moreover, the role of the Executive Functions (EFs) in dyslexia is still unclear. In the recent literature several studies find dyslexia to be associated with an EFs impairment, whereas other authors didn't find any association between dyslexia and difficulties in EFs tasks. Moreover, the main studies evaluating EFs both in typically developing children and dyslexics have mainly focused on planning, problem solving, and working memory while only few studies have focused on set-shifting. The aims of our study are to administer the alternate verbal fluency test, standardized for adults, to a large sample (n=879) of children and adolescents (in 8- to 18-year-olds) in order to collect normative data referring to the developmental age and to investigate the ability of set-shifting in 72 students with a diagnosis of developmental dyslexia (DD). Three abilities were assessed: Phonemic Fluency (PF), Semantic Fluency (SF) and Alternate Fluency (AF). The results suggest that set-shifting ability of children and adolescents improves with age. Data show a significant difference between the two groups (DE and ST) in two of three tasks (PF and AF). We found a lower performance in DE if compared to the controls. Moreover, both the two groups, compared to what is shown in adulthood, showed more difficulties in the PF task rather than in the SF and AF tasks. In conclusion, this study supports the hypothesis of difficulties in the executive component represented by set-shifting in adolescents with dyslexia. These data underline the importance of considering this EF in the clinical evaluation and in the description of the cognitive profile of these children and adolescents.

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE</b>	7
1.1 Le funzioni esecutive	7
1.2 Modelli teorici delle funzioni esecutive	10
1.3 Funzioni esecutive e localizzazione cerebrale	21
1.4 Lo sviluppo delle funzioni esecutive	24
1.5 La valutazione delle funzioni esecutive	28
1.5.1 La criticità nella valutazione delle funzioni esecutive	35
1.6 Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo	38
1.6.1 ADHD e funzioni esecutive	38
1.6.2 Disturbo dello spettro autistico e funzioni esecutive	42
1.6.3 Dislessia evolutiva e funzioni esecutive	45
<b>STUDIO 1</b>	53
2.1 Introduzione	53
2.2 Obiettivi e ipotesi	57
2.3 Metodo	59
2.3.1 Partecipanti	59
2.3.2 Strumenti	61
2.3.3 Procedura	65
2.3.4 Analisi dei dati	66
2.4 Risultati	67
2.5 Discussione	72
<b>STUDIO 2</b>	79
3.1 Introduzione	79
3.2 Obiettivi e ipotesi	82
3.3 Metodo	82
3.3.1 Partecipanti	82
3.3.2 Strumenti	84
3.3.3 Procedura	84
3.3.4 Analisi dei dati	85
3.4 Risultati	85
3.5 Discussione	89
<b>4. CONCLUSIONI GENERALI</b>	92
<b>5. APPENDICE</b>	96
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	100

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Le funzioni esecutive

L'espressione "Funzioni Esecutive" (FE) è stata utilizzata per la prima volta da Muriel Lezak (1982) per riferirsi a quell'insieme di funzioni cognitive che consentono all'individuo di formulare degli obiettivi, pianificare le azioni necessarie per raggiungerli e realizzare i piani d'azione in modo finalizzato e adattivo. Lezak, in particolare, distinse quattro domini appartenenti alle FE: la formulazione di uno scopo (intenzione ad agire per raggiungere un obiettivo), la pianificazione (costruzione di un piano d'azione in cui si definiscono gli step per la risoluzione di un problema), l'azione finalizzata (l'implementazione del piano) e la prestazione effettiva (include il monitoraggio e la regolazione del comportamento in funzione dei *feedback* esterni ed interni).

Un contributo significativo per una concettualizzazione delle FE è stato fornito da Aleksandr Lurija (1962) che distinse tre unità funzionali del cervello: arousal-motivazione (nel sistema limbico e reticolare) responsabile delle funzioni di base; ricezione, elaborazione e immagazzinamento delle informazioni (nelle aree corticali postrolandiche) dove le informazioni uditive, visive e somatosensoriali vengono ricevute, elaborate ed associate; programmazione, controllo e verifica delle attività (nella corteccia prefrontale), responsabili delle funzioni di programmazione, inibizione, attenzione e senso del sé. Un ulteriore contributo pionieristico è stato quello dello psicologo britannico Donald Broadbent che nel 1958 ha proposto una distinzione tra processi "automatici" e "controllati". Delle due classi, la prima implica l'assenza di controllo cosciente ed è responsabile della formulazione implicita di giudizi che possono orientare il comportamento, mentre la seconda sottolinea la presenza della ragione (Sanfey e Cohen, 2004). Tra di esse, vi è continuità e complementarità, ma ognuna ha delle caratteristiche che la contraddistinguono: i processi automatici sono intuitivi, hanno un dispendio di risorse cognitive molto basse, sono

difficilmente modificabili e sono attivati solitamente da agenti esterni; i processi controllati, al contrario, implicano la presenza della coscienza e dell'attenzione e hanno come scopo principale l'elaborazione del significato dello stimolo.

Definire il concetto delle FE non è per niente un compito semplice. Negli ultimi anni, le FE sono state argomento di grande interesse sia in ambito clinico che in ambito di ricerca, in quanto tendono a delinearsi come un gruppo di processi cognitivi critici per lo sviluppo e l'adattamento dell'uomo. Baddeley (1986;1990) ha definito il sistema della FE come un complesso di meccanismi che consente di ottimizzare la prestazione in situazioni che richiedono la simultanea attivazione di processi cognitivi differenti. Per Baddeley (1986; 2002) il sistema esecutivo ha delle funzioni: la prima sarebbe quella fornita dall'attenzione selettiva, per la quale è necessaria la capacità di gestire i distrattori e di mantenere l'orientamento verso uno scopo; la seconda consiste nella flessibilità di spostare l'attenzione. Le ultime funzioni sono la coordinazione dei compiti concorrenti e, infine, l'abilità di saper attivare in modo selettivo le rappresentazioni temporanee presenti nella memoria a lungo termine per adattare alle richieste momentanee dell'ambiente. Owen (1997) ha definito le FE come processi responsabili di schemi cognitivo-comportamentali adattivi, elaborati in risposta a condizioni ambientali nuove o impegnative. Analogamente Stuss e Knight (2002) considerano tali funzioni come processi necessari per mettere in atto comportamenti orientati verso un obiettivo. Anche Burgess e Alderman (2004) pongono l'accento sulla funzione adattiva delle FE, definendole come quel complesso di abilità che rende gli individui in grado di stabilire degli obiettivi, delineare strategie di volta in volta nuove ed efficaci per raggiungerli e, con il passare del tempo o al variare delle situazioni e delle richieste ambientali, di adattare tali piani d'azione.

Il termine funzioni esecutive è spesso usato come etichetta per descrivere una serie di processi cognitivi necessari per mettere in atto comportamenti adattivi e orientati verso



obiettivi (D.T. Stuss, R.T. Knight, 2002). Questi costrutti psicologici riguardano processi di livello superiore come la memoria di lavoro, lo shifting attentivo, l'attenzione selettiva e sostenuta, la pianificazione, il problem solving, la flessibilità cognitiva, l'automonitoraggio e le rilevazioni di errori, l'inibizione di risposte automatiche e l'autoregolazione (Veneroso et al., 2016). Tutti questi processi consentono all'individuo di coordinare le attività necessarie al raggiungimento di uno scopo, formulare intenzioni, sviluppare piani d'azione, implementare e coordinare strategie per la messa in atto di azione finalizzate ad un obiettivo, mantenere la performance e valutare gli esiti in modo funzionale (Veneroso et al. 2016). Le FE sono importanti da studiare perché sono considerate una componente fondamentale dell'abilità di autocontrollo o di autoregolazione che ha dimostrato di avere implicazioni ampie e significative per la vita di tutti i giorni (Mischel et al., 2011; Moffitt et al., 2011). Infatti, ad esempio hanno un ruolo fondamentale nel processo di apprendimento tanto che la ricerca scientifica sembra attribuire un'influenza maggiore delle FE sugli apprendimenti rispetto al quoziente intellettivo (Blair e Razza, 2007).

La memoria di lavoro risulta profondamente implicata nel processo di comprensione del testo, che richiede la comprensione delle varie parole che formano le frasi e delle varie frasi che formano il testo. Questo è possibile in quanto le singole parole sono conservate nel loop articolatorio, al fine di trarre i significati delle parole e collegarli efficacemente tra loro. Vari sono i dati in letteratura che documentano il legame e il valore predittivo della abilità di memoria di lavoro sulla lettura, indipendentemente dal dominio considerato, verbale o non verbale, visivo o spaziale (Gathercole et al., 2004) e sul calcolo, sull'acquisizione dei fatti aritmetici (Geary, 2004) e sulla risoluzione dei problemi (Swanson e Sachse-Lee, 2001). L'inibizione determina la quantità d'informazioni a cui prestare attenzione, infatti una fragilità in tale FE può manifestarsi in un sovraccarico di informazioni irrilevanti e, conseguentemente, in performance meno accurate. L'inibizione è legata alle abilità di

calcolo, lettura e scrittura. Alcuni studi hanno mostrato che i lettori meno capaci hanno difficoltà, non ad attivare le informazioni rilevanti, ma a sopprimere quelle irrilevanti (De Beni, Pazzaglia, Palladino e Cornoldi, 1998). Un deficit nell'inibizione non solo causa l'invio di informazioni irrilevanti alla memoria di lavoro ma permette loro di rimanere attive per lunghi periodi di tempo, assorbendo capacità attentive utili per svolgere il compito (Bull e Scerif, 2001). Anche lo shifting è necessario al processo di apprendimento, infatti, nell'esecuzione di un compito è richiesta la capacità di mutare strategie di pensiero e di azione per adattarsi a nuove situazioni e a nuovi stimoli che il contesto ci propone di volta in volta. I bambini che hanno difficoltà ad essere flessibili nel passaggio da un compito all'altro non riescono a modificare il proprio comportamento adattandolo al contesto quindi compiono errori di perseverazione: danno risposte scorrette e continuano a sbagliare in quanto ignorano il feedback esterno. Queste difficoltà possono ostacolare i processi di analisi e comprensione di un testo o di risoluzione di un problema matematico (Marotta e Varvara, 2013)

## **1.2 Modelli teorici delle funzioni esecutive**

Come abbiamo già accennato, definire le FE è molto complesso e articolato e i modelli teorici elaborati dalla comunità scientifica sono molti e alcune volte completamente diversi tra di loro. Risalgono agli anni Ottanta del secolo scorso i primi modelli cognitivi che definiscono le FE come costrutto unitario, tra questi i principali sono il modello di Baddeley e Hitch (1974) e quello di Norman e Shallice (1986).

Nel modello di Baddeley e Hitch (1974) e nella revisione di Baddeley del 2000, all'interno del sistema multicomponentiale di memoria di lavoro (*loop* fonologico, taccuino visuo-spaziale, *buffer* episodico), è presente l'*esecutivo centrale* che rappresenta una componente importante e versatile del sistema, responsabile del controllo e della regolazione dei processi cognitivi. L'esecutivo centrale agisce come supervisore che controlla sistemi subordinati di

memoria. Tra questi vi è il loop fonologico con i suoi sottocomponenti (magazzino fonologico a breve termine e sistema di ripetizione articolatoria) e il taccuino visuospatiale (alla base della memoria di lavoro visuospatiale, intesa sia come capacità di mantenimento ed elaborazione di informazioni visuospatiali sia come capacità di generare immagini mentali). L'esecutivo centrale renderebbe conto della capacità di passare da un piano a un altro, di dividere le proprie risorse tra più compiti, di collocare l'attenzione selettiva e di attivare in modo temporaneo tracce di memoria a lungo termine.

Il modello di Norman e Shallice (1986) è un modello gerarchico che teorizza, invece, due modalità di controllo, il contention-scheduling, automatico e basato su esperienze pregresse, il Sistema Attentivo Supervisore (SAS), controllato, che agisce quando non è possibile risolvere i conflitti in modo automatico o di fronte a situazioni nuove e complesse che richiedono la ricerca di soluzioni alternative. Il SAS non agisce direttamente sul comportamento ma modula i livelli inferiori del sistema attraverso l'attivazione o l'inibizione di determinati schemi d'azione. Inoltre, il SAS controlla i moduli che possono essere definiti come dei sistemi automatizzati che effettuano un lavoro specifico e si distinguono dai sistemi centrali, siti in cui i dati vengono rielaborati, condivisi e riscritti. I moduli possiedono un certo grado di autonomia, sono assemblabili tra loro, si sviluppano gradualmente fino alla completa automatizzazione.

Moscovitch e Umiltà (1990) distinguono tre tipi di moduli:

1. I moduli di primo tipo sono innati e poco influenzabili dall'apprendimento. Sono, ad esempio, gli schemi motori, i riflessi e la percezione di caratteristiche (colori, forma, suoni);
2. I moduli di secondo tipo sono quelli che emergono dall'assemblamento di moduli semplici. Tale processo si sviluppa in modo implicito e inconsapevole, utilizzando le risorse attentive "dedicate" da un processore centrale (si affermano così le abilità

linguistiche e di riconoscimento degli oggetti). Ciò avviene nelle fasi che Karmiloff-Smith (1992) definirebbe “implicite”; pertanto, utilizzano risorse di un sistema attentivo solido, ma non ancora molto consapevole. Le risorse attentive implicite e specifiche sarebbero una sorta di “processore dedicato” al modulo che una volta automatizzato usufruirà di queste stesse risorse per le applicazioni autonome routinarie;

3. I moduli di terzo tipo (ad esempio l'apprendimento di schemi motori complessi, lettura) sono il frutto di un assemblamento di moduli di secondo tipo che coinvolge e lascia attivo il processore centrale anche in seguito. Tali apprendimenti si svolgono in una fase esplicita, volitiva e consapevole dell'individuo.

Più recentemente Benso (2007) ha delineato la presenza di un continuum tra sistemi centrali (processore centrale) e i diversi moduli, e sottolineando come tale *connessione* sia attivata/disattivata da aspetti emotivi e motivazionali.

Non sempre il SAS interviene efficacemente; ad esempio durante gli *slips of action* in cui si verifica una caduta dell'attenzione che porta ad effetti non funzionali oppure quando ci troviamo di fronte a pazienti con lesione del lobo frontale, specialmente a livello dorsolaterale che ripetono la stessa azione o lo stesso errore manifestando un comportamento perseverante o confabulazione. Questi sono esempi di situazioni in cui il SAS fallisce nel suo ruolo di monitoraggio e controllo di un comportamento flessibile e adattivo. Aggiornamenti del modello SAS più recenti (Stuss e Alexander, 2000, 2007) specificano il frazionamento dell'esecutivo centrale mediante l'identificazione di sotto-processi di controllo; tali processi permetterebbero di: iniziare e sostenere l'attivazione di uno schema per le varie risposte possibili, inibendo schemi inadeguati; prestare attenzione costante allo stimolo e alla risposta, soprattutto quando ci si trova di fronte a compiti nuovi o in situazioni

ad alto carico cognitivo; monitorare nel tempo la risposta al compito, utilizzando processi di tipo inferenziale al fine di modificare, mantenere o sospendere i processi attivati.

Altri modelli teorici, al contrario, concettualizzano le FE come un costrutto complesso e multicomponentiale. Attualmente uno dei modelli teorici più accreditati rispetto alle FE è quello di Miyake et al. (2000) che hanno individuato tre componenti principali come possibile *core* delle FE, dalle quali deriverebbero i processi cognitivi più complessi: 1) lo shifting tra compiti o set mentali; 2) l'aggiornamento e il monitoraggio delle rappresentazioni presenti in memoria di lavoro; e 3) l'inibizione di risposte predominanti o inappropriate. Le ragioni per cui Miyake et al. (2000) si sono focalizzati su queste tre funzioni esecutive sono molteplici:

- a) esse sono relativamente circoscritte e quindi più precisamente definibili dal punto di vista operativo;
- b) sono funzioni ad un livello gerarchico più basso rispetto ad altre funzioni esecutive come la pianificazione;
- c) sono disponibili numerosi test relativamente semplici, molto noti e studiati, ritenuti misure abbastanza affidabili di queste funzioni;
- d) molto probabilmente le tre funzioni target sono richieste nella performance di compiti esecutivi più complessi.

Descriviamo, brevemente, queste 3 funzioni esecutive:

1. *L'inibizione* si riferisce comunemente alla capacità di sopprimere una risposta automatica, predominante o prepotente ma anche al controllo dell'interferenze e al controllo emotivo e motorio (Nigg, 2000). Il controllo inibitorio riguarda la capacità di controllare l'attenzione, i pensieri e le emozioni e il comportamento mediante l'inibizione di una forte predisposizione interna o di un prepotente, automatico e dominante stimolo esterno (Myake et al., 2000; Diamond, 2013). Il

controllo inibitorio coinvolgerebbe differenti aspetti cognitivi quali il controllo dell'interferenza (attenzione selettiva e inibizione cognitiva) e il controllo comportamentale. Attraverso l'interferenza del controllo a livello percettivo l'individuo è in grado di selezionare attivamente gli stimoli, sopprimendo invece l'attenzione dagli stimoli distraenti o non necessari. Nell'inibizione cognitiva invece vengono soppressi prepotenti rappresentazioni mentali, come ad esempio resistere all'interferenza di informazioni o di pensieri precedenti. Tale abilità è fondamentale anche per una funzionale memoria di lavoro (Diamond, 2013). Tra gli aspetti del controllo inibitorio c'è anche il controllo di sé che implica il controllo sul proprio comportamento e sulle proprie emozioni, assumendo un comportamento adeguato e funzionale e non governato dagli impulsi.

- II. La *memoria di lavoro* implica la capacità di mantenere e manipolare le informazioni su brevi periodi di tempo. Richiede sia il monitoraggio di informazioni in entrata, in modo tale da stabilirne l'importanza per il compito che si sta svolgendo, e sia le sostituzioni di informazioni già presenti in memoria di lavoro con informazioni più funzionali in quel determinato momento (Alloway, Gathercole, e Pickering, 2006; Huizinga et al, 2006). L'updating consiste nella capacità di monitorare continuamente i contenuti presenti in memoria di lavoro e aggiornarli tempestivamente sulla base della rilevanza contingente all'interno del compito, per esempio aggiungendo elementi appropriati o eliminando elementi non più rilevanti. Oltre a mantenere le informazioni rilevanti per il compito in corso di svolgimento, l'updating implica una manipolazione attiva dei contenuti in memoria di lavoro. Studi di neuroimmagine hanno evidenziato delle dissociazioni tra le aree coinvolte nella ritenzione passiva e mantenimento delle informazioni (aree premotorie e lobi parietali) e le aree coinvolte nella

manipolazione attiva del materiale (corteccia dorsolaterale), ad esempio nel compito n-back (Jonides & Smith, 1997). Tra i compiti usati per valutare la memoria di lavoro vi è appunto l'n-back (Wayne Kirchner, 1958), in cui al partecipante è presentata una sequenza di stimoli di numerosità variabile, e viene chiesto di ricordare n stimoli indietro. Oppure uno strumento sensibile per la valutazione della componente verbale della memoria di lavoro è il backward digit span, ad esempio il subtest “memoria di cifre inversa” che fa parte dell'indice di memoria di lavoro (IML) della WISC- IV (Wechsler, 2012), in cui vengono letti dei numeri al partecipante, al ritmo di una cifra al secondo, e il suo compito consiste nel ripeterli dall'ultimo al primo, quindi in ordine inverso. Per la valutazione della componente visuospatiale della memoria di lavoro si può usare il test backward Corsi (Mammarella, Toso, Pazzaglia e Cornoldi, 2008), in cui vengono toccati dall'esaminatore dei cubetti su una tavoletta, in una data sequenza, e il partecipante dovrà toccarli in ordine inverso, dall'ultimo al primo, quando riceverà il via.

- III. Lo *shifting* è la capacità di spostarsi da un compito ad un altro, da un set mentale ad un altro (Miyake, 2000). Un crescente numero di evidenze neuropsicologiche e neurofisiologiche suggeriscono che i lobi frontali, in particolare il cingolo anteriore, sono coinvolti assieme ad altre regioni cerebrali (aree occipitali e parietali) in tale abilità. Secondo Diamond (2013) questa abilità costruisce le sue fondamenta sulle precedenti funzioni esecutive di memoria di lavoro e di controllo inibitorio. Secondo tale concezione infatti la flessibilità cognitiva presuppone la capacità di cambiare la prospettiva, sia da un punto di vista spaziale che interpersonale (vedere le cose da altri punti di vista) e per poter modificare le prospettive abbiamo bisogno di inibire le nostre precedenti

prospettive e di attivare nella memoria di lavoro una nuova prospettiva. Si potrebbe infatti ipotizzare che quando un individuo è coinvolto in una nuova operazione mentale o comportamentale, si trova nella condizione di superare l'interferenza proattiva dei vecchi comportamenti sul nuovo comportamento. Per cui le differenze individuali nello shifting potrebbero non solo riflettere semplicemente l'abilità di impegnarsi e disimpegnarsi in attività di per sé appropriate, ma anche di cominciare una nuova operazione inibendo l'interferenza proattiva o un precedente priming negativo.

Mediante analisi fattoriali confermatrice (CFA) è emersa un'organizzazione trifattoriale delle FE che risultano chiaramente distinte, separabili. Il modello mette in luce, tuttavia, che le FE non sono completamente indipendenti tra loro, ma condividono una certa quota di varianza, mostrando di essere moderatamente intercorrelate (Miyake et al., 2000; Miyake e Friedman, 2012). Il fattore comune sembra non essere distinguibile dall'inibizione (Miyake e Friedman, 2012).

L'organizzazione trifattoriale delle FE – inibizione, updating, shifting - è stata osservata in campioni di partecipanti di diversa età, come giovani adulti (Miyake et al., 2000), adolescenti (Friedman et al., 2006; Lee, Bull e Ho, 2013) e bambini preadolescenti (Wu et al., 2011). Alcuni studi longitudinali e cross-sectional condotti su bambini dall'età prescolare, spesso hanno trovato che la differenziazione delle FE emerge gradualmente nel corso dello sviluppo, all'aumentare dell'età, riscontrando un progressivo passaggio da un funzionamento esecutivo più generalizzato, spiegabile da uno o due fattori, a un funzionamento più specializzato, articolato in modo trifattoriale, solo a partire dalla pre-adolescenza o dall'inizio dell'adolescenza (Lee et al., 2013; Usai, Viterbori, Traverso e De Franchis, 2014; Wu et al., 2011); questo rifletterebbe, probabilmente, la produttiva interazione tra i processi di maturazione cerebrale e gli effetti dell'ambiente, che avviene nel



corso dell'ontogenesi. McKenna, Rushe e Woodcock (2017), in una recente metanalisi sulla struttura delle FE dai 6 ai 18 anni, attraverso dati di neuroimmagine, hanno confermato il modello trifattoriale di Miyake et al. (2000), evidenziando che la quota di attivazione cerebrale a livello fronto-parietale bilaterale, e dell'area supplementare motoria, assimilabile alla varianza condivisa, non è distinguibile dall'attivazione associata ai processi di inibizione. L'updating, invece, è correlato, in particolare, all'attivazione frontale bilaterale, parietale destra, subcorticale e del cervelletto, lo shifting, infine, alla porzione parietale destra del giro del cingolo, alle regioni frontali e occipitali (giro linguale) sinistre (McKenna et al., 2017).

Diamond (2013), parte dal *core* delle FE costituito dalle tre componenti individuate da Miyake e colleghi (2000) e afferma che tali componenti (inibizione, flessibilità cognitiva e memoria di lavoro) basiche permettono la strutturazione, in modo sovraordinato, di capacità di ragionamento, pianificazione e problem solving.

Al centro del modello elaborato da Diamond vi è il controllo inibitorio, infatti, la studiosa, nel suo modello, prevede che la memoria di lavoro (nelle sue due sottocomponenti, verbale e visuo-spaziale) permetta il mantenimento degli obiettivi e delle intenzionalità, incidendo sul controllo inibitorio; l'inibizione, d'altra parte, permette di gestire distrazioni interne ed esterne, il che risulta fondamentale per mantenere in memoria gli eventi. Il controllo inibitorio, secondo questo modello, è articolato in: inibizione di risposte, intesa come autocontrollo, disciplina; controllo dell'interferenza, a sua volta, articolato come inibizione cognitiva, quindi di pensieri, memorie, rappresentazioni mentali, e attenzione selettiva/focalizzata. L'articolazione in differenti componenti del controllo inibitorio sembra essere supportata dai riscontri su differenti forme di inibizione rilevate, sebbene queste condividano basi neurali simili: spostamento della gratificazione, resistenza alle distrazioni interferenti, inibizioni di azioni, risposte prepotenti, inibizione di risposte

automatiche o intenzionali (Bunge et al., 2002; Cohen et al., 2012; Engelhardt et al., 2008; Friedman e Miyake, 2004, Diamond e Lee, 2011). Le funzioni inibitorie-attenzionali, costituirebbero, dunque, un dominio autoregolativo più generale, includente il mantenimento di un livello di regolazione emotiva, motivazionale e l'arousal cognitivo. Memoria di lavoro e controllo inibitorio, si pongono in interazione e, insieme, sostengono la flessibilità cognitiva, che permette di vedere le cose in diverse prospettive e di passare da un compito ad un altro. La flessibilità cognitiva sosterebbe i processi creativi e di Teoria della Mente, agendo direttamente, insieme alla memoria di lavoro e al controllo inibitorio, sulle funzioni esecutive di livello superiore: pianificazione, ragionamento e problem-solving, queste ultime due, in particolare, vengono considerate come sinonimo di intelligenza fluida (Cattell et al., 1978). Uno dei punti focali di questo modello è l'ipotesi che esista una stretta interazione tra memoria di lavoro e controllo inibitorio: le due componenti sembrano sostenersi a vicenda, infatti, quando si deve decidere se mantenere un obiettivo in memoria, è necessario sapere se esso è rilevante o no, quindi se, eventualmente, deve essere inibito, mentre, per mettere in relazione molteplici informazioni, è necessario concentrarsi, effettuare riconfigurazioni, inibire la tentazione a ripetere vecchi e inadeguati pattern di risposta. Uno studio di McNab e colleghi (2008), sembra confermare questa stretta interazione, che, come evidenzia l'autrice (Diamond, 2013), al momento, rende difficile fare specifiche indagini su ciascuna componente, in modo separato, anche se è possibile minimizzare il più possibile l'effetto reciproco. Probabilmente, memoria di lavoro e inibizione dipendono dallo stesso sistema a capacità limitata: aumentando le richieste per una, aumenta il carico cognitivo per l'altro, e viceversa, come sembrano evidenziare alcuni studi sperimentali e computazionali (Miller e Cohen 2001; Wais e Gazzaley 2011; Munakata et al. 2011, 2012) o altri modelli sulle FE ad esempio il modello di Baddeley (2000) precedentemente presentato, che include anche lo spostamento attentivo, la flessibilità cognitiva, il multitasking.

Secondo il modello di Diamond, l'attenzione focalizzata, inclusa nel dominio del controllo inibitorio, gioca un ruolo importante in interazione con la memoria di lavoro, infatti, alcuni modelli simulativi hanno dimostrato che sviluppare miglioramenti nella memoria di lavoro può supportare miglioramenti nell'attenzione selettiva (Stedron et al., 2005). D'altronde, anche la flessibilità cognitiva, che si sviluppa in età maggiori, e non prima dei 7-9 anni in alcuni compiti classici di switching, (Davidson et al. 2006; Garon et al., 2008), sembra dipendere dalle due funzioni di memoria di lavoro e controllo inibitorio, infatti cambiare prospettiva rappresentazionale o interpersonale, richiede di inibire prospettive precedenti o preponderanti, attivandone in memoria altre e varie. C'è da tenere presente che alcuni studi (Friedman e Myake, 2004) evidenziano un'alta correlazione della memoria di lavoro con gli altri due domini e con altre abilità intellettive.

Il modello di Diamond permette una discreta declinazione operativa di tipo sperimentale, tuttavia, pur richiamando la natura strettamente interrelata delle componenti indicate e ipotizzando almeno due livelli gerarchici di progressiva complessità che corrispondono all'applicazione esperienziale delle funzioni, (problem solving, pianificazione), non permette una diretta applicazione nei contesti ecologici, mancando di alcune definizioni funzionali e descrittive, che altri modelli sequenziali, invece, offrono. Il modello gerarchico è sostenuto da numerose evidenze sperimentali relative a diverse aree frontali di attivazione specifica in caso di utilizzo della memoria di lavoro, infatti, parti più posteriori della corteccia cerebrale frontale, vengono attivate durante compiti di mantenimento in memoria di informazioni relative a singole caratteristiche di uno stimolo, mentre vengono maggiormente attivate aree più anteriori in caso di complesse integrazioni delle caratteristiche da ricordare, inoltre sono state rilevate correlazioni di attivazione delle due porzioni cerebrali, a seconda delle tipologie di codifica necessarie.

Dunque, un'idea unitaria delle FE può essere un costrutto utile, come sottolineano Zelazo e colleghi (2003), ma è una rappresentazione distorta della reale natura di questo sistema, mentre molte evidenze, infatti supportano le ipotesi che le FE siano costituite da diverse componenti che funzionano in modi diversi e indipendenti, sebbene interrelati.

Un'ulteriore distinzione interessante da fare, derivante da diversi esiti (cognitivi e comportamentali) di lesioni a carico di specifiche aree della corteccia prefrontale (Goldberg, 2001), principale sede anatomica delle FE (Stuss e Levine, 2002), è quella tra FE calde e FE fredde (Zelazo e Muller, 2002). Le prime sono legate ad un'elaborazione automatica ed emozionale degli input esterni, si tratta, infatti, di un'elaborazione rapida che avviene nelle situazioni di stress. Per funzioni esecutive fredde si intendono quei processi legati ad un'elaborazione più complessa, controllata e lenta che vengono spesso chiamati in causa durante problemi astratti e decontestualizzati. Nell'ambito clinico non esiste un test che possa essere proposto e svolto "freddamente": il cut-off di quando una funzione possa essere definita "calda" non è semplice da trovare. Ad esempio, un test che si occupa della somma incalzante dei numeri come il PASAT (Gronwall, 1977), che in teoria è *cool* perché non include materiale emotivo viene definito da Lezak (1995) come uno tra i test più ansiogeni della letteratura: infatti, quando le somme si fanno più incalzanti alcuni soggetti (non patologici) non reggono il peso emotivo della prestazione e si ritirano. In poche parole, ci sono test consideranti prettamente cognitivi che diventano "caldissimi". Non può esistere un'operazione cognitiva "pura", pulita anche dalle influenze emotive, ma l'attività dei sistemi sottocorticali e dei nuclei del sistema emozionale è continua. Questo legame si afferma maggiormente quando si tratta di autoregolazione del comportamento, che si può definire come l'equilibrio implicito tra il sistema emotivo motivazionale e quello cognitivo di controllo, in funzione dell'adattamento e del raggiungimento dello scopo del momento

(Benso, 2010). Rothbart et al. (2003) dimostra che i bambini che non sanno risolvere e gestire il conflitto cognitivo hanno anche un peggior temperamento e minor autocontrollo.

### **1.3 Funzioni esecutive e localizzazione cerebrale**

La corteccia frontale cerebrale è ritenuta il substrato anatomico delle funzioni esecutive. Se infatti lo studio delle FE può essere considerato relativamente recente, i disturbi che oggi chiamiamo disesecutivi erano già noti ed etichettati come sindrome del lobo frontale, con la chiara implicazione di un'esplicita localizzazione nella corteccia frontale, e in particolare nella sua parte anteriore, la corteccia prefrontale. Famosa è la descrizione del medico americano John Martin Harlow del celebre caso di Phineas Gage (Damasio et al., 1994), un operaio statunitense che sopravvisse ad un incidente sul posto di lavoro il 13 settembre del 1848, nella contea di Windsor, Stato del Vermont in cui un'asta di metallo gli trapassò il cranio e la guancia sinistra causando un trauma cranico che intaccò la regione prefrontale ventromediale del cervello. Conseguentemente al trauma Gage cambiò radicalmente il suo atteggiamento e da uomo riservato, moderato e affidabile divenne irascibile, litigioso, non curante delle norme sociali e morali, e la sua condotta sociale divenne inadeguata e altamente spregiudicata. I sintomi disesecutivi dei pazienti frontali vengono quindi attribuiti all'incapacità di un SAS danneggiato di creare nuovi piani d'azione in tutte quelle situazioni improvvise in cui la selezione di azioni automatiche non è funzionale. Più in generale, i sintomi frontali evidenzerebbero il fallimento di un processo di controllo di ordine superiore, con l'emergere di schemi di comportamento automatici ma inopportuni in alcune situazioni. Tale interpretazione è compatibile con l'idea che l'inibizione di questi comportamenti sia uno dei meccanismi fondamentali attraverso cui la corteccia frontale controlla i comportamenti, e richiama l'ipotesi, espressa per la prima volta da Hughlings Jackson (1884), secondo la quale la lesione dei centri superiori del cervello porti a una liberazione di centri inferiori posti normalmente sotto il loro controllo, con conseguente

riduzione a una condizione più automatica. L'idea di correlazione diretta tra corteccia frontale e SAS si basa sull'evidenza scientifica che i pazienti con lesioni frontali falliscono in test classici sulle FE come il Wisconsin Card Sorting Test (WCST), il test di Stroop e la Torre di Londra (Shallice, 1988). Tuttavia, ci sono altrettante evidenze empiriche per dissociare almeno in parte il concetto di FE dal funzionamento della corteccia prefrontale. Baddeley e Wilson (1988) hanno proposto di usare il termine sindrome disesecutiva in luogo di quello di sindrome del lobo frontale, per permettere di studiare la natura e le caratteristiche cognitivo-comportamentali dei pazienti con disturbi esecutivi separatamente dalla problematica della localizzazione cerebrale delle FE. Andr s (2003) ha riesaminato la letteratura sui test comunemente utilizzati per indagare le FE arrivando alla conclusione che i pazienti con lesioni frontali focali non necessariamente presentano prestazioni deficitarie in questi compiti (WCST, Test di Stroop, compiti Go/No-go), mentre si possono riscontrare anomalie in pazienti senza evidenza di danni frontali. Conclusioni simili si hanno esaminando gli studi che hanno utilizzato tecniche di neuroimaging funzionale per localizzare, in soggetti sani, le aree cerebrali attivate nei compiti precedentemente citati. Sebbene l'attivazione di diverse parti della corteccia prefrontale si verifichi con regolarit , sono attivate in modo costante anche altre parti tra cui la corteccia parietale posteriore laterale e mediale e vari centri sottocorticali. Fuster (2001) propone l'idea che una delle funzioni principale della corteccia prefrontale laterale sia quella dell'integrazione temporale di informazioni di diversa natura in funzione del raggiungimento di uno scopo futuro. La necessit  di integrazione temporale sarebbe il risultato di una cooperazione tra pianificazione e memoria di lavoro, che medierebbero, durante il comportamento diretto a uno scopo in una variet  di contesti diversi, inclusi quelli linguistici, l'immagazzinamento, delle contingenze temporali tra gli eventi in una rete di memorie esecutive. In particolare, gli studi mostrano come i lobi frontali siano connessi funzionalmente con: la corteccia parietale posteriore, che

sembra coinvolta nella riconfigurazione delle risposte e nelle modificazioni comportamentali (Sohn et al, 2000); i gangli basali; il cingolo anteriore, che sembra particolarmente coinvolto in situazioni di controllo di conflitti cognitivi tra stimoli ambientali o comportamenti e nella selezione di risposte agitive in caso di incertezza (Carter e Van Veen, 2007; Rushworth e Behrens, 2008). Parlare di regolazione cognitiva contro regolazione delle emozioni può essere fuorviante. Tuttavia, alcune forme di regolazione sono attuate da processi esecutivi, soggetti a controllo volontario, mentre altre sono eseguite da processi "automatici" che sono molto più primitivi. Entrambi i processi sono in interazione costante e tale interazione genera un flusso di attività che è sia cognitivo che emozionale. Le attività corticali regolano le attività subcorticali attraverso la modulazione esecutiva di valutazioni prepotenti e risposte emotive. I sistemi subcorticali regolano la corteccia sintonizzandone le attività alle esigenze o opportunità fornite dall'ambiente. I controlli corticali acquistano tempo necessario per pianificare e agire in modo intelligente. I controlli subcorticali forniscono energia, concentrazione e direzione, in base alle necessità per un comportamento emozionale pertinente. Questo perché, in ogni parte del cervello, dalla corteccia cerebrale al tronco encefalico, di solito è impossibile assegnare funzioni cognitive o funzioni emotive in modo determinato e specifico perché molte strutture fanno entrambe le cose. Alcuni recenti modelli teorici del controllo esecutivo propongono un'organizzazione gerarchica delle funzioni di controllo nei lobi frontali, in cui, muovendosi da strutture posteriori a strutture anteriori nella corteccia prefrontale laterale, si passa da rappresentazioni di azioni concrete e temporalmente circoscritte a rappresentazioni di alto livello, di natura più astratta, che operano su una dimensione temporale più estesa (Badre, 2008). Uno dei contributi più rilevanti è fornito dal modello "a cascata" proposto da Koechlin e colleghi (Koechlin et al., 1999; Koechlin, Ody, Kouneiher, 2003; Koechlin, Summerfield, 2007), che rappresenta una delle teorie più *eleganti* dell'organizzazione del

controllo cognitivo. In questo modello, non solo diversi segnali di controllo sono organizzati gerarchicamente con un passaggio seriale dell'informazione da un livello superiore più astratto a un livello inferiore più concreto, ma ognuno di questi livelli è implementato in regioni spazialmente segregate lungo l'asse antero-posteriore della corteccia prefrontale laterale. Nel livello inferiore della gerarchia, il controllo sull'informazione sensoriale avviene nella corteccia premotoria e si occupa della selezione di una risposta motoria a partire da un input sensoriale (controllo sensoriale). Nel livello successivo, una specifica associazione stimolo-risposta viene selezionata sulla base di un indice contestuale esterno che viene presentato insieme allo stimolo (controllo contestuale) e che dipende dalle strutture posteriori della corteccia prefrontale laterale. Il terzo livello, associato alle porzioni anteriori della corteccia prefrontale, comprende invece la selezione di precise associazioni stimolo-risposta in funzione di un indice di natura temporale che seleziona specifiche memorie episodiche (controllo episodico). L'ultimo e più alto livello di controllo cognitivo dipende infine dalla corteccia fronto-polare ed è responsabile di estendere il controllo episodico a dimensioni temporali multiple e sovrapponibili (controllo temporale esteso).

#### **1.4 Lo sviluppo delle funzioni esecutive**

Benso (2012) ipotizza la formazione graduale delle diverse funzioni esecutive a partire dai primi mesi, in cui il bambino orienta l'attenzione, prima guidata dagli stimoli e dal sistema di allerta e poi strategicamente volontaria quando il bambino in attesa di uno stimolo esterno inizia ad anticiparlo con lo sguardo. Questa prima tappa evolutiva potrebbe indicare la base che precorre lo sviluppo del mantenimento di un goal, di una necessaria memoria sia per la ricerca visiva che per l'evento che si presenterà. Dall'orientamento e dalla successiva focalizzazione dell'attenzione si passa alla selezione dello stimolo immerso tra i distrattori. Ciò potrebbe anticipare lo sviluppo del sistema di controllo e di una memoria di lavoro.



L'orientamento volontario dell'attenzione potrebbe altresì essere una base funzionale per lo sviluppo dell'attenzione sostenuta, della memoria di lavoro e delle abilità di shifting. Dall'attenzione prima focalizzata e poi selettiva si svilupperanno anche la memoria di lavoro e il sistema di controllo del conflitto. Hartman e Michael (1997) indicano l'orientamento dell'attenzione come primario sistema di controllo vicariante quel sistema esecutivo che si svilupperà in modo osservabile più tardi (verso i 18-24 mesi). Le funzioni esecutive hanno un valore predittivo in età prescolare dello sviluppo sociale e cognitivo (Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Traverso, Viterbori e Usai, 2015, Di Lieto, Inguaggiato, Castro, Cecchi, Cioni, Dell'Omo, Laschi, Pecini, Santerini, Sgandurra e Dario, 2017), questi dati forniscono supporto scientifico all'idea che è possibile migliorare rapidamente nei bambini di 5 anni la capacità di pianificare e controllare progressivamente attività di esplorazione più complesse (Di Lieto, Inguaggiato, Castro, Cecchi, Cioni, Dell'Omo, Laschi, Pecini, Santerini, Sgandurra e Dario, 2017). In una prospettiva evolutiva, si possono rilevare indici che esprimono alcune componenti delle FE già in età molto precoci, che necessitano di essere indagati scientificamente, tuttavia, è importante sottolineare che, se si sposta il focus su una prospettiva evolutiva a più ampio spettro, c'è da prendere in considerazione che prima dei 9-12 anni il sistema del controllo esecutivo non può dirsi maturo: sia ragazzi con età inferiore ai 12-15 anni, sia anziani, hanno, generalmente, prestazioni inferiori nel dominio esecutivo, rispetto al periodo giovanile e adulto del ciclo di vita. Studi di De Luca e collaboratori (2003), di Zelazo e collaboratori (2004), rilevano le performance migliori e all'apice del loro sviluppo in questo dominio tra i 20 e i 29 anni. Nonostante questi due gruppi di ricerca eplicitano spiegazioni diverse per tale dato sperimentale e fenomenologico, per entrambi sembra avere un ruolo fondamentale la gestione strategica delle informazioni/rappresentazioni, che richiede buona capacità di flessibilità cognitiva e di working memory. Altri studi evolutivi, compiuti mediante alcuni test classici per le FE,

evidenzino il loro completamento a circa 12 anni di età (Huizinga et al., 2006), e sottolineano come lo sviluppo delle varie componenti segue traiettorie diverse (Dawson e Guare, 2004), e continua anche oltre la fascia di età compresa tra l'infanzia e la prima adolescenza; infatti, alcuni studi hanno rilevato, ad esempio, che, mentre la componente inibitoria, sembra raggiungere la sua maturazione intorno ai 10 anni (van den Wildenberg e van der Molen, 2004, Brocki e Bohlin, 2004), capacità di shifting e di memoria, presentano stadi di maturazione e completamento diversi: per alcuni autori, a circa 10-11 anni (Huizinga e van der Molen, 2007), ma, per altri autori più recenti, non prima dei 17-20 anni (Zhan et al., 2011). Recenti studi hanno evidenziato precoci miglioramenti nella prima infanzia in compiti come *Day/Night task*, *Luria's fist and finger game* e nel *A-not-B task* (Carlson & Moses, 2001; Hughes, 1998; Sabbagh, Xu, Carlson, Moses, & Lee, 2006). Miglioramenti significativi si verificano tra i 5 e gli 8 anni (Romine & Reynolds, 2005). Sembra che ci sia poco miglioramento durante l'adolescenza e l'età adulta (Romine & Reynolds, 2005) e che, questo miglioramento, riguardi la velocità e la precisione (Best et al., 2009). Gathercole, Pickering, Ambridge, e Wearing (2004) hanno trovato un aumento lineare delle prestazioni da 4 ai 15 anni per una serie di compiti di memoria di lavoro di varia complessità (ad eccezione di un compito basato su modelli visivi, che è stabilizzata intorno agli 11 anni). La capacità di shifting migliora con l'età, in genere fino alla prima adolescenza (ad esempio, Anderson, 2002; Cepeda, Kramer, e Gonzalez de Sather, 2001; Crone, Somsen, Zanolie, & Molen, 2006; Huizinga et al, 2006; Huizinga e van der Molen, 2007; Somsen, 2007). A 3 e 4 anni di età il bambino riesce a 'shiftare' in modo affidabile tra due semplici insiemi a risposta contestualizzati, in cui le regole sono chiaramente distinguibili (Hughes, 1998); invece su un compito più complesso di flessibilità cognitiva ulteriori miglioramenti si verificano tra i 5 e 6 anni (Luciana & Nelson, 1998) fino all'adolescenza.

Inoltre, processi più complessi, relativi a compiti di pianificazione non sembrano maturi prima dei 17 anni, continuando a migliorare ancora fino ai 20-21 anni (Albert e Steinberg , 2011) e probabilmente anche oltre, nell'età giovanile-adulta. Studi di neuroimaging longitudinali (Giedd et al, 2004; Gogtay et al, 2004) evidenziano, infatti, che le diverse zone della corteccia prefrontale, in particolare le zone laterali e dorsali, come abbiamo visto, maggiormente coinvolte nell'attivazione di queste funzioni, continuano a maturare dall'infanzia fino alla tarda adolescenza e lo fanno in tempi diversificati, in modo non lineare (Wiebe et al., 2011, Smith et al., 2012).

Welsh, Groisser e Pennington (1991) hanno valutato in 140 partecipanti, di età compresa tra i 3 e i 28 anni, la loro abilità in diversi compiti sulle funzioni esecutive. Essi hanno concluso che tali abilità erano indipendenti dal QI e presentavano uno sviluppo sequenziale. Il livello completo di prestazioni osservabili negli adulti sembra essere raggiunto in tre stadi:

- I. a 6 anni si sviluppano la pianificazione e la ricerca visiva;
- II. a 10 anni la capacità di mantenere il set, la verifica delle ipotesi e il controllo degli impulsi;
- III. nell'adolescenza una completa capacità di pianificazione, di sequenza motoria e di fluenza verbale.

Welsh et al. (1991) hanno studiato, con una batteria di test, lo sviluppo delle FE in bambini con età compresa tra i 3 e i 12 anni, individuando tre fattori principali: la velocità di risposta, la verifica di ipotesi e il controllo degli impulsi, l'abilità di pianificazione. Levin et al. (1991) hanno individuato le seguenti tappe:

- I. tra i 7 e gli 8 anni e i 9 e i 12 anni, si evidenzia un incremento della sensibilità ai feedback, del problem solving, delle formulazioni di concetti, del controllo dell'impulsività;

- II. tra i 9 e i 12 anni e i 13 e i 15 anni, si riscontra un incremento delle strategie di memoria, dell'efficienza nella memoria, della pianificazione, del problem solving e nella formulazione di ipotesi.

### **1.5 La valutazione delle funzioni esecutive**

Considerando la molteplicità di posizioni e modelli teorici sulle FE ed il loro sviluppo, per chiarezza espositiva si decide di presentare le FE e gli strumenti per la loro valutazione seguendo un modello teorico supportato da robuste evidenze empiriche, quale quello di Miyake e colleghi. Tale modello cerca di conciliare teoricamente precedenti e antitetici modelli teorici delle FE come costruito unitario o come costruito multicomponentiale.

Tra i principali strumenti di valutazione delle funzioni esecutive, in età adulta si segnala il *Behavioural Assessment of the Dysexecutive Syndrome – BADS* (Antonucci et al 2010) che misura le abilità coinvolte nella vita quotidiana – programmazione, organizzazione, attenzione e problem-solving. La batteria comprende sei prove:

- *Test del Cambio di regola delle carte* che valuta la flessibilità cognitiva e la capacità di inibizione del soggetto;
- *Test di Programmazione delle azioni* che indaga la capacità di sviluppare un piano d'azione per svolgere un compito pratico nuovo;
- *Test della Ricerca delle chiavi* che valuta le strategie utilizzate e la loro efficacia, la capacità di pianificazione e la capacità di monitorare la propria performance;
- *Test delle Stime cognitive* che sonda la capacità di previsione e di stima che implicano il ricorso a esperienze e materiale precedentemente immagazzinati e la loro rielaborazione in funzione delle azioni da valutare;
- *Test della Mappa dello zoo* che indaga l'abilità di pianificare;

- *Test modificato dei Sei elementi* che valuta l'abilità di pianificazione, nell'organizzazione e nel controllo del comportamento.

In età evolutiva abbiamo le *Batterie per la Valutazione dell'Attenzione Uditiva e della Memoria di Lavoro Fonologica per l'Età Evolutiva- VAUMeLF* (Bertelli e Bilancia, 2006). Le VAUMeLF si basano sull'assunto che il ruolo dell'attenzione uditiva si integra con quello svolto da processi di gestione dell'informazione verbale a breve termine (memoria di lavoro). All'interno di tale strumento sono state create:

- *la Batteria per la Valutazione dell'Attenzione Uditiva (AU)*, che privilegia l'analisi dell'attenzione sostenuta, dell'attenzione selettiva e del processo di shifting;
- *la Batteria per la Valutazione della Memoria di Lavoro Fonologico (MeLF)*, che si propone di valutare il funzionamento del loop fonologico, comprendente due sottocomponenti: il magazzino fonologico e il processo di reiterazione articolatoria.

La *Batteria di Valutazione Neuropsicologica dell'età evolutiva* (BVN 5-11, Bisiacchi et al., 2005) è composta da test neuropsicologici per bambini di età compresa tra i 5 e gli 11 anni che valutano le principali funzioni cognitive: linguaggio, percezione visiva, memoria, prassie, attenzione, funzioni esecutive superiori, lettura, scrittura e calcolo. Esiste anche una versione per ragazzi dai 12 ai 18 anni, BVN 12-18.

La *batteria BIA* di valutazione dell'ADHD (Marzocchi, Re e Cornoldi, 2010) ha all'interno una serie di strumenti utili per indagare problemi specifici presenti nei bambini disattenti e iperattivi e/o con difficoltà dei processi esecutivi nell'inibizione della risposta, nell'attenzione e nella memoria. Le prove comprendono questionari di osservazione del comportamento dei bambini sia a casa che a scuola, test per indagare l'attenzione sostenuta visiva e uditiva, test per la valutazione del comportamento impulsivo e dei processi di controllo e un test per la valutazione della strategia di memoria. Si può utilizzare fino alla scuola secondaria di primo grado.

Il *Test of Everyday Attention For Children* (Manly et al., 1998) è una batteria costituita da test realizzati per indagare l'attenzione selettiva, l'attenzione sostenuta, l'attenzione divisa, lo switching attentivo e l'inibizione di risposta prepotente in bambini e ragazzi con età compresa tra i 6 e i 16 anni.

Un ulteriore strumento diagnostico è il *Frontal Assessment Battery- FAB* (Iavarone et al. 2004), una batteria completa costituita da sei prove distinte, verbali e non verbali, che valutano le capacità di classificazione, la flessibilità cognitiva, la programmazione motoria, la sensibilità all'interferenza, il controllo inibitorio e l'autonomia ambientale. I sei subtest sono i seguenti:

- analogie che indagano la categorizzazione semantica;
- fluenza lessicale per categoria fonetica che indaga la flessibilità cognitiva;
- sequenze motorie che indagano la programmazione;
- sequenze motorie invertite che valutano la sensibilità all'interferenza;
- go/no go che valuta il controllo dell'inibizione;
- inibizione del comportamento di prensione che indaga l'autonomia ambientale.

La *Nepsy II* (Korman, Kirk e Kemp, 2007, versione italiana di Urgesi, Campanella e Fabbro, 2011) è una batteria per valutare lo sviluppo neuropsicologico in bambini dai 3 ai 16 anni. È composto da 33 test che fanno riferimento a 6 domini cognitivi: memoria e apprendimento, funzioni sensomotorie, elaborazione visuo-spaziale, percezione sociale, attenzione e funzioni esecutive e linguaggio. Contiene 7 subtest per valutare l'abilità di inibire risposte automatiche apprese, di monitorare e autoregolare i propri comportamenti e le proprie risposte, l'attenzione selettiva e sostenuta, l'abilità di comprendere, generare, mantenere o cambiare un insieme di regole di risposta, le abilità di soluzione dei problemi non-verbali, l'abilità di pianificare e organizzare risposte complesse.

Un altro strumento utile per la valutazione delle funzioni esecutive è la *Batteria per l'Assessment delle Funzioni Esecutive in età prescolare* (BAFE, Valeri et al., 2015) e indaga l'inibizione, la flessibilità attentiva, memoria di lavoro visuo-spaziale e flessibilità in bambini dai 3 ai 6 anni.

La *Torre di Londra- TOL* (Shallice, 1982) che mira principalmente alla valutazione delle abilità di decisioni strategiche, di pianificazione e di problem solving in bambini tra i 4 ed i 13 anni. Si richiede da una parte di utilizzare la memoria di lavoro per ricordare le mosse precedenti e quelle ancora da eseguire e dall'altra di cambiare strategia qualora si verificasse inefficace. La *Torre di Milano* (Allamanno et al, 1987) è una versione semplificata dello stesso test che può essere somministrata a persone con disabilità intellettive.

Il *Test dei labirinti* (WISC-III, Orsini e Picone, 2006) indaga l'abilità di pianificazione spaziale in bambini dai 6 ai 16 anni in cui si richiede di trovare l'uscita da dieci labirinti a difficoltà crescente

Il *Test di Pianificazione Quotidiana* (TPQ Marzocchi e Valagussa, 2008) è un test semi-ecologico in formato carta-matita che ha l'intento di simulare una situazione quotidiana reale. Il suo obiettivo è quello di pianificare con la massima efficacia lo svolgimento di una serie di commissioni rispettando eventuali vincoli logico cronologici ed avendo a disposizione una lista delle mansioni da svolgere, una piantina della ipotetica città in cui ci si trova (il tutto entro un tempo limite di 30 minuti).

Il *test di Completamento Alternativo di Frasi* (CAF) fu inizialmente ideato da Burgess e Shallice (1996) allo scopo di valutare sia la capacità di generare una risposta (iniziativa) che quella di sopprimerla (inibizione) in pazienti frontali, utilizzando un'unica prova. Successivamente, Shallice et al. (2002) elaborarono una versione per bambini (Junior Hayling), notando come la prova fosse in grado di misurare la capacità di inibizione in modo più ecologico rispetto ad altri test (test di Stroop, Stop-task) e valutando nello stesso tempo

l'utilizzo di strategie da parte del soggetto. Rispetto a Junior Hayling nel CAF sono state sostituite alcune frasi e si è scelto di alternare le frasi da completare e da inibire, richiedendo maggiore flessibilità nello svolgimento della prova. Il test è composto da 20 frasi (divise in due gruppi), in cui manca la parola finale. Al bambino viene chiesto di svolgere due compiti diversi alternati fra loro: deve completare con una parola corretta alcune frasi, mentre in altre deve inibire la risposta istintiva per fornire un termine alternativo, che non sia semanticamente collegato alla frase e alla risposta corretta.

Prendendo in considerazione il modello di Miyake sulle funzioni esecutive presenteremo le prove di valutazione che indagano shifting, memoria di lavoro e inibizione.

Riguardo all'inibizione, alcune prove sono presenti in una nota batteria di screening denominata Frontal Assessment Battery (FAB), precedentemente presentata. Queste sono la *Risposta a istruzioni conflittuali*, il *Go-No-Go task* e il *Comportamento di prensione*. Altre prove sono rappresentate da test basati sul paradigma di *Stroop* (1935) che ha osservato come quando un soggetto deve dire il nome di uno stimolo colorato, la sua risposta è sensibilmente rallentata se lo stimolo è costituito da una parola che indica un diverso colore. Il test (Barbotto et al., 1998) è costituito da 4 compiti e ciascuno di essi da 40 stimoli singoli: lettura delle parole, denominazione dei colori, lettura delle parole colorate e denominazione dei colori delle parole colorate. Esiste anche lo Stroop Night/Day (Gerstadt, Hong e Diamond, 1994) in cui al soggetto vengono mostrate alcune carte e in una condizione sperimentale gli viene chiesto di dire "notte" quando vede una carta bianca con disegnato un sole e "giorno" quando vede una carta nera con disegnate la luna e le stelle.

Nella batteria BIA è presente il test MF20, con una standardizzazione dai 6 ai 13 anni che valuta aspetti legati al controllo dell'impulsività. All'interno della suddetta batteria c'è anche il Test delle Ranette che è stato costruito sul modello del Go/NoGo Task e può essere somministrato dai 5 agli 11 anni. La prova prevede la presentazione di due fogli A4 in cui



sono rappresentate alcune scale, su ognuna delle quali è rappresentata una piccola rana. Il compito consiste nel barrare la rana ogni volta che viene presentato un certo suono chiamato GO e invece nel fermarsi ogni volta che compare un altro suono chiamato STOP.

All'interno della batteria già citata, Test of Everyday Attention for Children, c'è un subtest chiamato *Same/Opposite Word Task* in cui ai partecipanti viene presentato un foglio con un percorso tracciato da una serie di numeri 1 e 2. Il test prevede due condizioni; nella prima al soggetto viene chiesto di leggere ad alta voce le cifre presenti il più velocemente possibile mentre nella seconda condizione la richiesta è quella di leggere ad alta voce “due” laddove ci sia 1 e “uno” laddove ci sia 2.

Passiamo ad una rassegna dei test utilizzati per la memoria di lavoro.

La *prova di ripetizione di non parole*, tratta dalla batteria PROMEA (Vicari, 2007) valuta la memoria di lavoro fonologica e in particolare fornisce una misura della componente passiva del loop articolatorio in quanto utilizza item di cui non esistono rappresentazioni lessicali a lungo termine.

La *prova di span verbale inverso*, tratta dalla batteria BVN 5-11 (Bisiacchi, Cendron, Gugliotta, Tressoldi e Vio, 2005), in cui l'esaminatore legge sequenze di cifre di lunghezza crescente da 2 a 8 e invita il bambino a ripetere in numeri in ordine inverso.

Test simili sono anche la *Memoria di cifre*, il *Riordinamento lettere-numeri* e il *Ragionamento aritmetico* presenti nella WISC-IV (per bambini e adolescenti) e nella WAIS-IV (per adolescenti, adulti e anziani).

Sul versante dell'aggiornamento di memoria di lavoro visuo-spaziale troviamo il *Test di Corsi indietro* (BVS, Mammarella et al., 2008)

Analizziamo i test che indagano la flessibilità cognitiva. Il *Trial Making Test* (Scarpa et al., 2006) oltre a valutare le capacità attentive e il modo di procedere in compiti di ricerca fisica e spaziale, è uno strumento valido per verificare la capacità di shifting. Copre la fascia di età

5-14 anni. È composto da due parti: nella parte A il soggetto deve unire in sequenza con una matita i numeri dall'1 al 25 nel più breve tempo possibile, nella parte B viene presentato un foglio dove sono rappresentati numeri e lettere disposti in modo casuale e il soggetto deve compiere simultaneamente due compiti: collegare sia in ordine progressivo che alternato numeri e lettere.

Il *Wisconsin Card Sort Test* (WCST, Heaton et al., 2000) può essere somministrato dai 6 ai 70 anni ed è usato per valutare la flessibilità cognitiva nella scelta di strategie e di problem solving e per valutare l'incapacità di astrazione oltre che la perseverazione. Il *Modified Card Sorting Test* (Sannio Fancello e Cianchetti, 2003) è la versione semplificata del WCST per i bambini dai 4 ai 13 anni.

Il *Weigl Color-Form Sorting Test* (WEIGL; Spinnler e Tognoni, 1987) in cui viene chiesto al soggetto di classificare 12 oggetti di legno in base a differenti categorie: forma, colore, simbolo disegnato al centro, dimensione e spessore. Quando una delle cinque categorie è stata trovata, l'esaminatore invita il soggetto a trovare quella successiva, finché tutti i cinque criteri sono stati scoperti.

Alcuni comportamenti richiedono necessariamente una valutazione qualitativa piuttosto che quantitativa e per averne una misura standardizzata si possono usare alcuni questionari; tra questi i più noti sono:

- *Scale Conners* (Conners, 1997, 2017), principalmente impiegate per la valutazione dell'ADHD e di disturbi che si possono presentare in comorbidità, quali: problemi di condotta, cognitivi, familiari, emotivi, di autocontrollo e d'ansia.
- *SDAI, SDAG e SDAB* (Marzocchi e Cornoldi, 2000). Le scale SDAI e SDAG, rivolte ai genitori e insegnanti, consentono di valutare la presenza di sintomi dell'ADHD facendo riferimento alle indicazioni fornite dal DSM-IV e contengono i 18 item corrispondenti ai

sintomi ivi riportati. La scala SDAB, che fornisce la valutazione del bambino, è composta da 14 item e non ricalca esattamente la descrizione del DSM.

– La *Child Behavior Checklist* (CBCL/6-18 Achenbach & Rescorla, 2001) è un questionario, compilato dai genitori e ragazzi, che valuta le competenze sociali e i problemi emotivo-comportamentali di bambini ed adolescenti di età compresa tra i 6 e i 18 anni.

– *Behavior Rating Inventory of Executive Function, Second Edition* (BRIEF-2) (Gioia et al., 2016): è uno strumento standardizzato che consente di valutare in forma indiretta le FE attraverso quanto riferito dai genitori o da chi si prende cura della persona. Le FE vengono valutate considerando i comportamenti messi in atto nella vita quotidiana, e questo conferisce una buona validità ecologica.

### **1.5.1 La criticità nella valutazione delle funzioni esecutive**

Le funzioni esecutive sono un insieme di processi mentali non del tutto definiti, di alto livello, continuamente interagenti e in reciproco supporto. Tale interazione è mutevole, si modifica e si adatta in base al tipo di evento da affrontare e viene a formare durante lo sviluppo un sistema multicomponenziale, in parte libero, modulato e distribuito sulle richieste del compito e in parte circoscritto in determinati circuiti cerebrali che probabilmente forniscono e spostano le risorse (Duncan, 2001). Tale sistema che ingloba le diverse funzioni esecutive si caratterizza sia per l'unitarietà sia per la separabilità. Le FE sono funzioni di tipo trasversale, in quanto sono solo in parte isolabili e identificabili come funzioni studiabili singolarmente; esse non sono infatti dominio-specifiche e sono “invisibili” in quanto indissolubilmente legate al compito e al dominio in cui viene esercitata l'attività e con essa vengono identificate. La loro natura trasversale e il loro lento processo di sviluppo spiegano perché molteplici disturbi del neurosviluppo mostrano un deficit o una debolezza delle FE con diversi gradi di severità sintomatica. La loro trasversalità spiega anche perché un loro deficit si manifesta con segni e sintomi clinici spesso sfumati, aspecifici

e di non immediato inquadramento diagnostico, quali instabilità (del comportamento, del piano d'azione, dei movimenti, degli stati emotivi e degli impulsi), distraibilità, difficoltà nel passare da un'attività all'altra, difficoltà nell'eseguire più compiti contemporaneamente, andamento fluttuante delle prestazioni, atipie comunicative. È da questa riflessione che deriva la consapevolezza di quanto possa essere difficile misurare singolarmente le funzioni esecutive. I test utilizzati per misurare le FE, infatti, risultano spesso "impuri", cioè coinvolgono più componenti delle FE e spesso funzioni legate ad altri domini. È chiaro, quanto sia necessario approfondire e studiare le modalità migliori per le procedure di valutazione e misura delle FE. I confini di ciò che costituisce una misura di una funzione esecutiva sono spesso indistinti, poiché praticamente ogni comportamento o attività finalizzata ad un obiettivo comporta una componente esecutiva. Inoltre, le misure delle FE sia di laboratorio e sia ricavate ecologicamente sono coerenti nella loro incoerenza (Anderson, Anderson, Northam, Jacobs e Miziewicz, 2002; Vriezen e Pigott, 2002; Waber, Gerder, Turcios, Wagner e Forbes, 2006). Ad esempio, Roger e Monsell hanno dimostrato che il tempo impiegato per passare da un compito all'altro aumenta in modo sproporzionato quando sono presenti informazioni interferenti, suggerendo che i processi di commutazione dell'attenzione e della risoluzione delle interferenze interagiscono tra loro e non sono indipendenti (Sylvester et al., 2003). Un test non può essere puro, nel senso che non può valutare in modo diretto e completo la funzione che si sostiene misuri. L'impurità (e quindi l'errore) è data da diversi fattori dei sistemi di input e output che non sono funzioni esecutive e dall'insorgenza degli automatismi dovuti alla pratica mentre si svolge il test. Rabbit (1997) afferma che pensare di valutare un unico e ipotetico processo funzionale non altri potrebbe essere una strategia del tutto inappropriata per analizzare una funzione esecutiva, perché una proprietà essenziale di tutto il comportamento esecutivo è che, per sua natura, coinvolge la gestione simultanea di una varietà di diversi processi funzionali come le comunalità, trovate

da Miyake e Friedman (2012), confermano. McCabe et al. (2010) sostengono che affrontare gli studi e le ricerche scientifiche con due diversi modelli (unitari vs frazionari) è comunque una preziosa fonte di informazione. Nel primo approccio (quello che sostiene il frazionamento) si valutano compiti distinti, inseriti in specifici costrutti che vorrebbero descrivere una singola funzione esecutiva; nel secondo (quello che sostiene l'unitarietà) si somministrano diversi compiti per generare un singolo fattore, che riassume la simultaneità delle varie funzioni che intervengono in percentuale diversa su test diversi. Questi autori fanno notare che nel primo approccio si ha il vantaggio di esaminare la relazione tra distinte FE e particolari compiti, ma lo svantaggio di poter osservare la varianza in comune a tutte le FE. Mentre nel secondo approccio si ha il vantaggio di consentire ai ricercatori di esaminare la varianza comune a più compiti esecutivo-attentivi, catturando in tal modo l'unità delle FE, ma c'è il limite di considerare la varianza specifica ai compiti delle singole FE come errore di misura. McCabe et al. (2010) sostengono che ci sia un consenso crescente negli ultimi anni nel suggerire che una comprensione globale del funzionamento esecutivo necessiti di prendere in considerazione sia la diversità che l'unità delle FE. Inoltre, i ricercatori sostengono che gli attuali metodi di misurazione delle FE mancano dell'applicabilità nella vita quotidiana o, in altre parole, di validità ecologica (Burgess, Alderman, Evans, Emslie e Wilson, 1998; Kenworthy et al., 2008). Quest'ultima si riferisce alla misura in cui una valutazione produce dati logicamente validi che rappresentano le interazioni degli individui con l'ambiente circostante. In particolare, Chaytor e Schmitter-Edgecombe (2003) hanno definito il concetto come il grado in cui i risultati ottenuti attraverso esperimenti e valutazioni sono correlati a quelli ottenuti in contesti autentici. Inoltre, la definizione comprende le componenti di "rappresentatività" (la misura in cui una valutazione corrisponde a situazioni esterne al laboratorio o alla clinica) e di "generalizzabilità" (il grado in cui le preoccupazioni sulla valutazione sono preoccupazioni

nella vita quotidiana) (Burgess et al., 2006). La validità ecologica è correlata al modo in cui una valutazione fornisce un'utilità clinica al di là dell'utilità diagnostica. Pertanto, le funzioni esecutive sono costrutti difficili da misurare e si dovrebbe continuare a sviluppare metodi innovativi per descrivere meglio la vita di tutti i giorni.

## **1.6 Le funzioni esecutive nei disturbi del neurosviluppo**

La letteratura scientifica degli ultimi anni ha evidenziato che deficit nelle FE vengono riscontrati in una grande varietà di disturbi del neurosviluppo (Vicari et al., 2017) molto diversi per eziologia e manifestazioni cliniche, tra cui il disturbo da deficit dell'attenzione iperattività (ADHD), il disturbo dello spettro autistico (ASD), la dislessia evolutiva e gli altri disturbi specifici dell'apprendimento (DSA).

### **1.6.1 ADHD e funzioni esecutive**

Il disturbo da deficit di attenzione / iperattività (ADHD) è caratterizzato da sintomi comportamentali pervasivi di iperattività, impulsività e disattenzione, a partire dall'infanzia (Castellanos et al., 2006). Secondo i criteri del DSM-5 (APA, 2013) l'ADHD è un disturbo del neurosviluppo caratterizzato da un pattern persistente di:

- disattenzione (es. fatica a prestare attenzione ai dettagli e nei compiti o sulle attività di gioco, compie errori di distrazione, si lascia distrarre facilmente da stimoli esterni, non segue le istruzioni in modo accurato, non porta a termine le attività, ha difficoltà ad organizzarsi, evita compiti che richiedono uno sforzo cognitivo e attenzione sostenuta);
- iperattività (es. è irrequieto, non riesce a stare fermo, si alza spesso quando dovrebbe stare seduto, presenta un'attività motoria incongrua e afinalistica, è spesso incapace di portare a termine un gioco seguendo le regole, manifesta eccessive verbalizzazioni) e impulsività (es. risponde prima che la domanda sia completata, ha difficoltà a rispettare il proprio turno conversazionale).

Il bambino deve presentare almeno 6 sintomi per un minimo di sei mesi e in almeno due contesti; inoltre, è necessario che tali manifestazioni siano presenti prima dei 7 anni di età e soprattutto che compromettano il rendimento scolastico e/o sociale. Viene inoltre richiesto di specificare il sottotipo, o manifestazione prevalente del disturbo, ovvero, sottotipo prevalentemente inattento, sottotipo prevalentemente iperattivo–impulsivo, o sottotipo combinato (inattenzione e iperattività–impulsività). In età prescolare è particolarmente rilevante l'iperattività, il bambino manifesta frequentemente cambi di gioco, sembra non ascoltare le altre persone e mostra un basso livello di consapevolezza del rischio. In età scolare, invece, viene richiesto il rispetto di regole e consegne sia di gruppo che individuali e il mantenimento dell'attenzione per periodi prolungati, emergono quindi particolarmente le difficoltà attentive e di concentrazione, specialmente nell'attenzione sostenuta, e le difficoltà nel completare un compito in modo organizzato. L'iperattività e l'impulsività si manifestano come incapacità di stare fermi in classe, rimanere seduti al proprio posto, rispettare le regole. In adolescenza, i sintomi di impulsività e iperattività tendono a migliorare, diventano evidenti però le difficoltà di organizzazione, pianificazione e programmazione delle attività quotidiane di studio ed extra-scolastiche. Anche in età adulta permangono le difficoltà di concentrazione, pianificazione e organizzazione delle attività di studio o di lavoro, spesso gli adulti con ADHD dimenticano impegni o appuntamenti.

Sintomi secondari del disturbo sono difficoltà nelle relazioni sociali con i coetanei, tendenza ad essere isolati dagli altri, bassa autostima, vulnerabilità psicopatologica. L'ADHD è caratterizzato da deficit cognitivi e comportamentali su base genetica e neurobiologica, l'ereditabilità è stimata al 76% (Marzocchi, 2017). La prevalenza in età scolare si colloca approssimativamente al 5%, con un rapporto maschi: femmine di circa 3:1.

L'ADHD coinvolge diversi domini delle FE: il controllo degli impulsi, l'autoregolazione, la flessibilità cognitiva, l'attenzione sostenuta, l'inibizione, la memoria di lavoro e il controllo

delle interferenze. Molte ricerche hanno identificato in campioni clinici di persone con ADHD una compromissione anatomico-strutturale e funzionale delle aree prefrontali e frontali dell'encefalo, nello specifico nelle regioni cerebrali come la corteccia frontale e parietale, i gangli della base, il cervelletto, l'ippocampo e il corpo calloso (Vicari et al., 2017; GieDE e Rapaport, 2010). L'inattenzione e il deficit nel sistema esecutivo sono messi in relazione ad un alterato funzionamento dei circuiti prefrontali-striatali, mentre l'iperattività può essere correlata ad una compromissione parziale del sistema frontale-limbico (Vicari et al., 2017). Barkley (1997, 2006), riprendendo gli studi di Douglas, ha proposto un modello ibrido, per il quale la lettura del disturbo ADHD va fatta in termini di deficit del controllo inibitorio e deficit delle funzioni esecutive. Il *core* di tale modello è l'insufficiente inibizione comportamentale deputata a controllare nel soggetto le interferenze che intervengono nel corso di un'attività orientata all'obiettivo. Tale disfunzionalità produce debolezze in quattro ambiti:

- deficit nella memoria di lavoro;
- limitazioni nella capacità generativa, cioè nella capacità di un soggetto di scomporre un'attività complessa in più elementari sequenze di azioni e di poter trasferire le competenze apprese in nuovi campi di esperienza (Fedeli, 2013) creando strategie e manipolando le informazioni per risolvere problemi (problem solving);
- assenza di linguaggio interno self-direct speech, ovvero mancanza di un fondamentale sistema autoregolativo che permette alla persona di ripetersi subvocalmente le istruzioni per lo svolgimento di un compito, escludendo ed inibendo stimoli interferenti;
- deficit motivazionale, da intendersi come incapacità di persistere nello sforzo anche alla luce delle difficoltà incontrate nei differenti contesti di vita, che interviene anche nell'arousal e nell'autoregolazione emotiva.



Ozonoff e Jensen (1999) hanno osservato che in bambini e adolescenti con ADHD, con un range di età compreso tra gli 8 e 18 anni, le FE maggiormente compromesse sono l'inibizione e la pianificazione, non hanno invece riscontrato differenze rispetto ai gruppi di controllo nella flessibilità cognitiva. Una più recente metanalisi di Willcutt, Doyle, Nigg, Faraone e Pennington (2005) su 83 studi in cui sono state valutate le FE in individui con e senza l'ADHD ha messo in luce differenze significative in quasi tutti i compiti somministrati. Gli effect size di tutte le misure si collocano tra 0.46 e 0.69, ma l'effetto più forte e consistente è stato ottenuto nelle misure di inibizione della risposta, vigilanza (la capacità di mantenere l'attenzione per un periodo di tempo prolungato), memoria di lavoro (specialmente nella componente visuospatiale) e pianificazione. Takács e Kòbor hanno evidenziato, in una ricerca, una minore prestazione nella fluenza semantica (2014) mentre Boonstra et al., (2005), hanno trovato lo stesso risultato nei compiti fluenza fonemica. Hurks et al., (2004) hanno evidenziato invece un ridotto numero di parole prodotte nel test di fluenza fonemica nei primi 15 secondi, forse dovuto all'utilizzo di strategie inefficaci per la ricerca lessicale nonostante un punteggio finale che è comparabile a quello del gruppo di controllo. Sergeant et al., (2005) propongono un modello chiamato energetico-cognitivo per spiegare il funzionamento delle persone con ADHD; questo modello è formato da 3 componenti:

- Il livello sovraordinato, che coordina le azioni ed è la sede delle FE, intese in questo caso come rappresentazione mentale del compito, pianificazione, monitoraggio, inibizione, scelta della risposta, individuazione e correzione degli errori allo scopo di mantenere una situazione equilibrata di problem solving;
- Il livello energetico suddiviso in tre *pool* in grado di controllare l'elaborazione dell'informazione: il primo è detto *effort* che servirebbe a recuperare l'energia utile per eseguire un compito; il secondo è detto *arousal*, intesa come l'energia necessaria

per fornire risposte rapide; il terzo è detto *pool energetico* e corrisponde all'attivazione intesa come l'energia richiesta per mantenere la vigilanza;

- Il terzo livello di elaborazione delle informazioni è costituito dalla decodifica dello stimolo, dalla sua elaborazione e dalla risposta in output.

Secondo quest'ultimo modello le persone con ADHD presentano un deficit a carico del livello energetico di attivazione mentre sembra essere intatto il circuito arousal/decodifica dello stimolo. L'efficacia complessiva dei processi di elaborazione è determinata da fattori di stato e da fattori elaborativi o computazionali: entrambi questi fattori sono poi gestiti da funzioni di controllo, paragonabili alle FE. Inoltre, un recente studio di Van Cauwenberge et al., (2015) si è concentrato sui circuiti del controllo emotivo e ha evidenziato una maggiore distraibilità agli stimoli a valenza emotiva nei bambini con ADHD.

### **1.6.2 Disturbo dello spettro autistico e funzioni esecutive**

Un altro disturbo del neurosviluppo è rappresentato dal disturbo dello spettro dell'autismo (ASD). Il DSM-5 (APA, 2013) individua due cluster sintomatologici principali che caratterizzano l'ASD:

- Deficit persistente della comunicazione sociale e nell'interazione sociale in molteplici contesti, presenti attualmente o nel passato (approccio sociale anomalo, fallimento della reciprocità conversazionale, ridotta condivisione di interessi, emozioni o sentimenti, incapacità di dare inizio o di rispondere a interazioni sociali, comunicazione verbale e non verbale scarsamente integrata, anomalie nel contatto visivo, deficit nella comprensione e nell'uso di gesti comunicativi, mancanza di espressioni facciali);
- Pattern di comportamento, interessi o attività ristretti, ripetitivi, presenti attualmente o nel passato (movimenti, uso degli oggetti o eloquio stereotipati o ripetitivi, insistenza nella sameness, aderenza alla routine priva di flessibilità o rituali di comportamento verbale o non verbale, interessi molto limitati, fissi che sono anomali per intensità o profondità, iper- o

iporeattività in risposta a stimoli sensoriali o interessi insoliti verso aspetti sensoriali dell'ambiente). I sintomi devono essere presenti sin dall'infanzia e compromettere significativamente il funzionamento quotidiano. Circa il 70 % delle persone con ASD presenta condizioni mediche, psichiatriche e disturbi dello sviluppo in comorbidità, e circa il 30 % una regressione, ovvero una perdita di competenze precedentemente acquisite. Nell'eziologia dell'ASD la genetica ha un ruolo chiave, in associazione a fattori ambientali precoci. Gli studi epidemiologici indicano che circa 1 persona su 100 presenta ASD, e che i maschi sono colpiti 4-5 volte più delle femmine (Valeri, 2017). Le attuali ricerche sperimentali e i modelli teorici prevalenti condividono tra loro l'idea che nell'ASD siano presenti persistenti deficit neuropsicologici di base che non appaiono essere una conseguenza dello sviluppo sociale compromesso. Per quanto concerne le FE, molto numerosi sono gli studi in letteratura che individuano un deficit esecutivo nelle persone con ASD. Ad esempio, molte caratteristiche dell'autismo a livello cerebrale come la difficoltà nell'imitazione, la rigidità, le stereotipie, la difficoltà di programmazione ed esecuzione di sequenze motorie ecc. rimandano ai problemi causati da un danneggiamento o una disfunzione della corteccia prefrontale. Il comportamento delle persone con disturbi dello spettro autistico appare come se non fosse orientato al futuro, come se le conseguenze del comportamento proprio e altrui non potessero essere previste, come se le risposte immediate non potessero essere inibite e come se non fosse possibile staccarsi da una rigidità nelle risposte. Alcuni dei sintomi più precoci dell'autismo, come l'assenza del gioco di finzione e dell'attenzione condivisa, possono derivare dal deficit esecutivo, in particolare da una scarsa capacità di spostare l'attenzione. J. Russel (in Ballerini, et al., 2006) ha ipotizzato che una disfunzione delle funzioni esecutive sarebbe alla base anche della disabilità sociale e deficit nel meccanismo della teoria della mente e che l'integrità delle funzioni esecutive sarebbe il prerequisito non solo della generale capacità di organizzare l'esperienza del mondo in modo

coerente, ma anche di comprendere intenzioni, finalità, stati mentali altrui. Russell, inoltre, ha sostenuto che i bambini di 3 anni e i bambini con ASD falliscono il test di falsa credenza di Sally e Anne non perché non tengono conto dello stato mentale di Sally, ma perché danno una risposta impulsiva sulla posizione della biglia (Vivanti, 2010). Ozonoff e Jensen (1999) hanno riscontrato che le FE maggiormente compromesse in individui con ASD, rispetto al gruppo di controllo neurotipico, sono la flessibilità cognitiva (misurata con il WCST, in cui è significativamente maggiore il numero di errori perseverativi) e la pianificazione (misurata con la Torre di Hanoi); non si evidenziano invece deficit di inibizione (misurata con il test Stroop). Uno dei domini più compromessi nell'ASD è quindi la flessibilità cognitiva, tuttavia la differenza rispetto a individui neurotipici è significativa per bambini di età prescolare di 5-6 anni e scolare, ma non per bambini più piccoli di 2-4 anni (Di Vara et al., 2017). Una recente metanalisi di Demetriou et al. (2018), che ha analizzato i risultati di 235 studi i quali hanno indagato il deficit nelle FE in persone con ASD, ha messo in luce moderati effect size in tutte le componenti esecutive prese in considerazione (formazione di concetti, flessibilità cognitiva, fluenza, pianificazione, inibizione della risposta e memoria di lavoro), ma non sono state riscontrate differenze significative tra di esse. Hill (2004) ha esaminato i dati di una rassegna di studi sulle FE nell'autismo relativi a tre sottodomini, ovvero shifting, inibizione e pianificazione. Nelle prove che indagano il dominio dello shifting, adolescenti e adulti con autismo hanno manifestato delle compromissioni sia in riferimento a persone con altri disturbi del neurosviluppo sia in riferimento al gruppo di controllo (Hughes et al., 1994). L'inibizione è un dominio che ha prodotto dati più articolati. In un classico test come lo Stroop Test, la prova Go/No-Go le persone con autismo non hanno manifestato compromissione, diversamente da quanto osservato in altri disturbi come l'ADHD. In altre prove, come Windows, le persone con autismo hanno presentato risposte atipiche spesso caratterizzate dalla perseverazione (Valeri et al., 2017).

### 1.6.3 Dislessia evolutiva e funzioni esecutive

I disturbi specifici di apprendimento costituiscono un termine di carattere generale che “[...] si riferisce a un gruppo eterogeneo di disordini i quali si manifestano con significative difficoltà nell’acquisizione e uso di abilità di comprensione del linguaggio orale, espressione linguistica, lettura, scrittura, ragionamento o matematica. Questi disordini sono intrinseci all’individuo, presumibilmente legati a disfunzioni del sistema nervoso centrale e possono essere presenti lungo l’intero arco di vita. Problemi relativi all’autoregolazione del comportamento, alla percezione e interazione sociale possono essere associati al disturbo di apprendimento ma non costituiscono, per sé stessi, disturbi specifici di apprendimento. Benché possano verificarsi in concomitanza con altre condizioni di handicap (per esempio, danno sensoriale, ritardo mentale, serio disturbo emotivo) o con influenze esterne come le differenze culturali, insegnamento insufficiente o inappropriato, i disturbi specifici di apprendimento non sono il risultato di queste condizioni o influenze” (Hammill, 1990, p. 79; trad. it. Cornoldi, 2007, p. 10).

I criteri diagnostici per il disturbo dell’apprendimento secondo il DSM-5 (2013) sono i seguenti:

- A. Difficoltà di apprendimento e nell’uso delle abilità scolastiche, come indicato dalla presenza di almeno uno dei seguenti sintomi che sono persistenti per almeno 6 mesi, nonostante la messa a disposizione di interventi mirati su tali difficoltà:
  - 1. Lettura delle parole imprecisa o lenta e faticosa (per es. legge singole parole ad alta voce in modo errato o lentamente e con esitazione, spesso tira ad indovinare le parole, pronuncia con difficoltà le parole.
  - 2. Difficoltà nella comprensione del significato di ciò che viene letto (per es. può leggere i testi in maniera adeguata, ma non comprende le sequenze, le relazioni, le inferenze, o i significati più profondi di ciò che viene letto.

3. Difficoltà nello spelling (per es. può aggiungere, omettere o sostituire vocali o consonanti).
  4. Difficoltà con l'espressione scritta (per es. fa molteplici errori grammaticali o di punteggiatura all'interno delle frasi; usa una scarsa organizzazione dei paragrafi; l'espressione scritta delle idee manca di chiarezza).
  5. Difficoltà nel padroneggiare il concetto di numero, i dati numerici o il calcolo (per es. una scarsa comprensione dei numeri, della loro dimensione e delle relazioni; conta sulle dita per aggiungere numeri ad una singola cifra piuttosto che ricordare i fatti numerici come fanno i compagni; si perde all'interno di calcoli aritmetici e cambia procedure).
  6. Difficoltà nel ragionamento matematico (per es. ha gravi difficoltà ad applicare concetti matematici, dati o procedure per risolvere problemi quantitativi).
- B. Le abilità scolastiche colpite sono notevolmente e quantificabilmente al di sotto di quelle attese per l'età cronologica dell'individuo, e causano significativa interferenza con il rendimento scolastico o lavorativo, o con le attività della vita quotidiana, come confermato da misurazioni standardizzate somministrate individualmente dei risultati raggiunti e da valutazioni cliniche complete. Per gli individui di 17 anni o oltre di età, un'anamnesi documentata delle difficoltà di apprendimento invalidanti può sostituire l'inquadramento clinico standardizzato.
- C. Le difficoltà di apprendimento iniziano durante gli anni scolastici, ma possono non manifestarsi fino a che la richiesta rispetto a queste capacità scolastiche colpite supera le limitate capacità dell'individuo (per es. come nelle prove a tempo, nella lettura o scrittura di documenti complessi e lunghi in breve tempo, con carichi scolastici eccessivamente pesanti).

D. Le difficoltà di apprendimento non sono meglio giustificate da disabilità intellettiva, acuità visiva o uditiva alterata, altri disturbi mentali o neurologici, avversità psicosociali, mancata conoscenza della lingua dell'istruzione scolastica, o istruzione scolastica inadeguata.

Nel DSM-5 (APA, 2014), come abbiamo visto, i disturbi specifici dell'apprendimento, rientrano nei disturbi del neurosviluppo e costituiscono un'unica categoria diagnostica in cui è possibile specificare se:

- a. con compromissione della lettura (dislessia)
- b. con compromissione dell'espressione scritta (disgrafia, disortografia),
- c. con compromissione del calcolo (discalculia).

Le persone con dislessia evolutiva presentano delle prestazioni nei test volti a indagare la lettura notevolmente al di sotto della norma, sebbene ci sia un adeguato grado di istruzione, rispetto all'età cronologica e al quoziente intellettivo. I due parametri principali per la diagnosi sono l'accuratezza, ovvero il numero di errori, che possono essere di natura diversa (visiva, fonologica o lessicale) e la velocità di lettura (misurata in sillabe/secondo) o rapidità (misurata in secondi). La prestazione dell'individuo con dislessia si colloca significativamente al di sotto delle norme per l'età e/o la classe frequentata in uno o entrambi i parametri in almeno una prova di lettura somministrata (parole, non parole, e brano). La distanza significativa dai valori normativi è convenzionalmente fissata a -2 deviazioni standard (DS) dalla media per quanto riguarda la velocità, e al di sotto del 5° percentile per quanto riguarda il parametro accuratezza (calcolato in base al numero di errori commessi). È possibile distinguere due tipi di dislessia: una di tipo evolutivo che è di natura genetica ed emerge già dalle prime fasi dell'apprendimento scolastico, e una di tipo acquisito che si manifesta in genere negli adulti in seguito a lesioni cerebrali. Il modello a due vie della lettura di Coltheart (2005), esplicita che le parole scritte possono essere lette o attraverso la

via sublessicale che si basa sulle corrispondenze grafema-fonema, e che permette la lettura di parole non conosciute e le non parole, oppure attraverso la via lessicale che, invece, fa riferimento a unità lessicali già apprese e che permettono, quindi, la lettura di parole conosciute. Per spiegare l'eziologia della dislessia ci si riferisce a quattro teorie principali:

1. teoria del deficit fonologico;
2. teoria del deficit di automatizzazione (cerebellare);
3. teoria del deficit visivo/uditivo (magnocellulare);
4. teoria del deficit attentivo.

Secondo il primo modello, quello del deficit fonologico (Snowling, 2000; Ramus, Pidgeon e Frith, 2003), alla base del deficit di lettura vi è una debolezza del modulo linguistico fonologico che inibisce la codifica corretta dell'informazione fonologica, il mantenimento della stessa nella memoria di lavoro e il recupero (Snowling, 2001). A livello neuroanatomico, questo deficit della memoria verbale a breve termine, considerata la causa più basale del disturbo di lettura, dipenderebbe da anomalie della struttura corticale delle aree peri-silviane della corteccia temporoparietale dell'emisfero sinistro (Ramus, 2006). La caratteristica principale del deficit fonologico è la difficoltà persistente di leggere le non-parole, cioè le parole che, non essendo presenti nel lessico, devono essere costruite attraverso le componenti fonologiche della parola stessa. Questa teoria evidenzia aspetti della dislessia direttamente osservabili come la frequenza elevata dei disturbi di memoria verbale a breve termine. Nella teoria del deficit di automatizzazione (Nicolson e Fawcett, 1990, 1994, 1999) viene esplicitato che alla base del deficit di lettura ci sia una mancata automatizzazione dell'abilità di lettura causata da un deficit cerebellare. Secondo la teoria del deficit visivo/uditivo (magnocellulare), la dislessia deriverebbe da un deficit al sistema magnocellulare che ha il compito di elaborare informazioni sia visive che uditive (Stein e Walsh, 1997). La corteccia parietale posteriore, che riceve ampie connessioni dalla lamina



magnocellulare del nucleo genicolato laterale, presiede a tre importanti funzioni implicate nella lettura: il movimento oculare, la visione periferica e l'attenzione visuo-spaziale (Stein e Walsh, 1997). Il deficit alla via magnocellulare uditiva compromette selettivamente la percezione dei rapidi transienti acustici alla base della capacità di discriminazione dei fonemi (per esempio, p/b). Quindi, il deficit del sistema magnocellulare determina una sovrapposizione degli stimoli, sia visivi che uditivi e la difficoltà a mantenere le sequenze in modo corretto. Il modello del deficit attentivo (August e Garfinkel, 1990; Facoetti, Lorusso, Paganoni, Umiltà e Mascetti, 2003; Vidyasagar e Pammer, 2010; Franceschini, Gori, Ruffino, Pedrolli e Facoetti, 2012), invece, considera come causa della dislessia uno specifico deficit relativo all'orientamento dell'attenzione visiva necessaria per l'accurata conversione grafema-fonema durante l'apprendimento della lettura.

La componente genetico-biologica della dislessia emerge sia da fattori di familiarità, sia di ereditarietà (Peterson e Pennington, 2012). I figli di genitori dislessici hanno una probabilità compresa fra il 20% e il 65 % di manifestare il disturbo, del quale sono stati individuati almeno 9 loci genetici. I geni presumibilmente alla base del disturbo hanno un ruolo chiave nello sviluppo del sistema nervoso centrale, contribuiscono per esempio alla crescita assonale e alla migrazione neuronale, fondamentale per la formazione della neocorteccia. Il difetto genetico alla base rappresenta una condizione di rischio che però interagisce con fattori ambientali, ed è perciò il processo epigenetico probabilistico e bidirezionale, in ottica neurocostruttivista, che può portare o meno alla manifestazione fenotipica del disturbo nel corso dello sviluppo. E' ormai evidente alla comunità scientifica quanto la dislessia sia un disturbo del neurosviluppo estremamente complesso dal punto di vista neuropsicologico e quanto il deficit cognitivo sia multifaccettato tanto da riscontrare notevole eterogeneità nei profili funzionali dei bambini dislessici (Menghini et al., 2010; Varvara, Varuzza, Sorrentino, Vicari & Menghini, 2014), anche solo per il fatto che è estremamente alto il tasso

di comorbidità tra diversi DSA, il che rende piuttosto complesso e variabile il profilo neuropsicologico del bambino. Accanto ai deficit fonologici, ad esempio nella consapevolezza fonologica (Swan & Goswami, 1997), ovvero la capacità di discriminare, confrontare, segmentare, e fondere fonemi, manipolando la struttura fonologica della parola, presenti con grande frequenza nei bambini con dislessia, spesso si osservano deficit nell'orientamento automatico dell'attenzione visuo-spaziale (Facoetti et al., 2000), specificatamente nelle componenti di ancoraggio e disancoraggio dell'attenzione multisensoriale da unità percettive, uditive e visive, e infine nelle funzioni esecutive (Helland e Asbjørnsen, 2000; Menghini et al., 2010; Reiter, Tucha & Lange, 2004; Smith-Spark et al., 2016; Varvara et al., 2014). Menghini et al. (2010) hanno condotto una ricerca sulla complessità dei deficit neurocognitivi che si osservano nei bambini con dislessia. Su un campione di 60 bambini con dislessia, i ricercatori hanno riscontrato la presenza di deficit esecutivi nel 16 % dei casi, e solo il 18% presenta esclusivamente deficit fonologici. Un ulteriore 21% mostra deficit esecutivi associati ad altre difficoltà cognitive (es. attenzione e percezione visuospaziale).

Una recente metanalisi di Booth, Boyle e Kelly (2010) su 48 studi che hanno comparato la performance in diversi compiti che valutano le FE di bambini con dislessia evolutiva e pari con adeguate capacità di lettura, hanno evidenziato un deficit nelle FE nei bambini con difficoltà di lettura. Sono molteplici e consolidati i dati relativi ai deficit di inibizione e memoria di lavoro nella dislessia, mentre meno ricca è la ricerca sulla flessibilità cognitiva e talvolta contrastanti sono le evidenze in merito ad essa riportate in letteratura. I bambini con dislessia hanno prestazioni minori confrontandoli coi pari con normali abilità di lettura nel compito Stroop; risultano più lenti specialmente nella condizione di interferenza, in cui commettono anche un maggior numero di errori; questo suggerisce che abbiano difficoltà nell'inibire l'informazione irrilevante e le risposte comportamentali automatiche (Helland e

Asbjørnsen, 2000; Reiter et al., 2005). Inoltre, Altemeier et al., (2008) hanno visto come la capacità di inibizione nei primi quattro anni di scuola primaria sia un predittore dell'abilità di lettura di parole, non parole e brano in quarta. Bambini e adulti con dislessia palesano un deficit della memoria di lavoro specialmente nella componente verbale, mostrano, per esempio, uno span inferiore nei compiti di digit span backward rispetto al gruppo di controllo formato da normolettori della stessa età, (Reiter et al., 2005). Siegel e Ryan (1989) in uno studio longitudinale hanno riscontrato che, mentre bambini con dislessia, in assenza di difficoltà aritmetiche, presentano una prestazione significativamente peggiore rispetto ai pari normolettori sia in compiti di memoria di lavoro verbale che prevede il ricordo di frasi, sia in un compito di memoria di lavoro non verbale che include il calcolo, i bambini con discalculia ma senza disturbo di lettura manifestano al contrario una prestazione inferiore solo nel compito non verbale. Il deficit di memoria nella dislessia appare generalizzato, cross-modale, coinvolge quindi non solo la componente verbale, ma anche la componente visuospatiale, solitamente meno indagata in letteratura (Toffalini, Marsura, Garcia e Cornoldi, 2018). Alcuni studi recenti, inoltre, hanno indagato le FE nei dislessici adulti. Smith-Park, Henry, Messer e Ziecik (2017), in uno studio che ha coinvolto adulti tra i 18 e i 34 anni, hanno osservato, attraverso modelli di regressione gerarchica, che la dislessia predice una peggiore prestazione in compiti di fluenza verbale fonemica, ma non in compiti di fluenza semantica o non verbale. Smith-Spark, Henry, Messer, Edvardsdottir, Ziecik (2016) hanno rimarcato come le prestazioni in un gruppo di adulti tra i 18 e i 40 anni con dislessia siano significativamente peggiori rispetto ad adulti normolettori in tutti i compiti usati per analizzare le tre componenti delle FE individuate dal modello di Miyake et al. (2000). Un dato interessante che emerge da questo studio è che gli adulti con dislessia riportano anche un maggior numero di problemi legati al funzionamento esecutivo nella vita quotidiana, misurati attraverso la compilazione del questionario self-report con validità

ecologica BRIEF-A. Entrando più nel dettaglio, sembra che gli aspetti metacognitivi delle FE siano quelli maggiormente problematici per gli adulti dislessici (es. problemi di memoria di lavoro, di pianificazione/organizzazione dei materiali, monitoraggio), invece gli aspetti legati alla regolazione comportamentale ed emotiva non differiscono dai normolettori. Le difficoltà nelle FE presenti negli individui dislessici hanno quindi reali conseguenze nella vita quotidiana.

# STUDIO 1

## 2.1 Introduzione

Lo shifting è stato concettualizzato come la capacità di passare in modo flessibile tra più compiti, strategie o set mentali (Miyake et al., 2000; van der Sluis, de Jong e van der Leij, 2004; van der Sluis et al., 2007). Miyake et al. (2000) hanno suggerito che lo shifting è una componente di base del funzionamento esecutivo, che è implicata nello svolgimento di compiti esecutivi più complessi. Lo shifting, secondo Rubinstein, Meyer e Evans (2001) si divide in alcune sottofasi: l'identificazione dello stimolo o dei suggerimenti percettivi che sarebbero gli indizi visivi o uditivi che possono ordinare operazioni di shifting nella circostanza in cui non vi sia una regola interna da applicare; il goal shifting che comprende l'insieme di memorie che hanno il compito di ricordare ciò che è avvenuto e ciò che sta per avvenire. È utile, in questa sottofase, la possibilità di conservare una visione generale e il ricordo dei compiti da svolgere; la numerosità dei compiti e la complessità della regola possono sovraccaricare la memoria e influenzare la durata di questa fase. La terza sottofase è il rule activation. Secondo gli autori trattasi di una “memoria di lavoro procedurale”; è il momento in cui si interrompe l'esecuzione di un compito per implementare quello che segue (controllo e flessibilità). La complessità dei compiti può influenzare la durata di questa fase, durante la quale, secondo gli autori, si può implementare solo un compito alla volta. L'ultima sottofase è la produzione della risposta.

Inoltre, Best et al., (2009) hanno definito lo shifting come la capacità di programmare in modo veloce e flessibile risposte che cambiano in corso d'opera, indicando così l'abilità di passare a risposte e/o rappresentazioni nuove rispetto a quelle attivate in precedenza. Secondo gli studiosi, esso includerebbe: il mutamento di prospettiva spaziale, il cambio di prospettiva interpersonale, il cambiamento nel modo di pensare (problem solving) e la

capacità di pensare e agire per riuscire ad adattarsi ai cambiamenti delle richieste ambientali, in modo appropriato e concorde ai propri obiettivi e piani. Negli adulti, viene principalmente utilizzato per l'anticipazione di cambiamenti (utilizzo proattivo delle funzioni esecutive), mentre nei bambini piccoli e negli anziani per il controllo reattivo in risposta ad alterazioni della situazione.

Cragg e Chevalier (2012) hanno fornito un'eccellente revisione della letteratura, confrontando studi in età evolutiva e in età adulta e vari paradigmi di ricerca sullo shifting. Considerando i processi che contribuiscono allo shifting nei bambini, Cragg e Chevalier sostengono che lo shifting implica diversi processi, alcuni dei quali sono intenzionali e altri automatici. Questi processi si verificano a diversi livelli. In particolare, il costo nello shifting è correlato alla definizione degli obiettivi e al mantenimento degli stessi, o può verificarsi durante lo svolgimento dei compiti, a causa della necessità di superare l'interferenza derivante dall'attivazione persistente di funzioni in conflitto o dalla mappatura della risposta dello stimolo dell'attività precedente e dalla riattivazione di una dimensione irrilevante prima del passaggio. Nei bambini lo shifting è un processo complesso che si basa sia sull'inibizione che sulla memoria di lavoro.

Morra et al., (2018) hanno individuato tre diversi tipi di shifting: lo shifting tra regole di selezione dello stimolo, lo shifting tra regole di risposta e, infine, lo shifting tra regole del compito o sets mentali. Le regioni prefrontali posteriori sembrano supportare lo shifting basato sullo stimolo, le regioni mediali prefrontali sono coinvolte nello shifting basato sulla risposta e la corteccia prefrontale anteriore sostiene lo shifting cognitivo (Kim, Johnson, Cilles e Gold, 2011).

L'abilità di switch si sviluppa con l'età ma già a pochi mesi di vita il disancorare, spostare e ancorare l'attenzione su un nuovo oggetto o spazio può far pensare allo switch come profunzione esecutiva (Sabbadini, 2013). Dal punto di vista neurofisiologico le operazioni

di shifting sono molto articolate: la corteccia parietale sembra intervenire in concomitanza con la prefrontale dorsolaterale quando si tratta di scegliere l'azione più adatta, e il giro del cingolo viene chiamato in causa in quanto deputato a mettere in evidenza il "conflitto" che si manifesta nel dover scegliere tra compiti diversi (Purves et al., 2010). Alcuni studi hanno indicato come il suo pieno sviluppo avvenga tardivamente, in adolescenza, per la sua dipendenza dal controllo inibitorio e dalla memoria di lavoro. Infatti, diversi autori (Monette et al., 2015; Im-Bolter et al. 2016) hanno contribuito, tramite il proprio lavoro scientifico, all'idea che il vero *core* delle FE sia formato inizialmente da inibizione e memoria di lavoro e che lo shifting cognitivo sia frutto di una successiva differenziazione delle stesse. Proprio per questo motivo, Monette et al. (2015) sostengono la tesi secondo la quale questa funzione inizierebbe il suo sviluppo intorno ai 9-10 anni, scontrandosi con la teoria principale (Buss e Spencer, 2014; Dajani et al., 2017) secondo la quale risalirebbe, come le altre due, ai 3-4 anni. Secondo quest'ultima tesi, intorno ai quattro anni di età, è possibile notare un significativo aumento dell'abilità di shifting e una sua completa maturazione durante il periodo scolastico. Anche Diamond (2013), invece, afferma che l'abilità di shifting richieda e si costruisca attraverso il controllo inibitorio e la memoria di lavoro, e che, conseguentemente, risulta una delle FE che matura più tardivamente. Kalkut et al. (2009) hanno trovato un aumento della capacità di set- shifting, in particolare nella prima adolescenza. In questo studio sono stati coinvolti partecipanti dagli 8 ai 30 anni a cui è stata proposta una batteria per la valutazione di tutte le funzioni esecutive. Nei test di shifting i cambiamenti maggiori si sono riscontrati dagli 8 ai 13 anni, successivamente, si osservano miglioramenti fino all'età adulta, 18-24 anni, ma meno significativi. Un altro dato trovato dai ricercatori è un effetto legato al genere: le donne manifestano migliori FE rispetto agli uomini, in particolare nella flessibilità cognitiva di tipo verbale a tutte le età. Nel compito di fluency verbale nei gruppi di 8-9 anni e 10-11 anni, le femmine hanno una prestazione

significativamente superiore rispetto ai maschi. Tuttavia, tra i 10-11 anni e i 12-13 anni i maschi mostrano un più rapido miglioramento in questo compito. Queste differenze di genere potrebbero essere legate ai cambiamenti ormonali nella pubertà che si realizzano in tempi diversi in maschi e femmine, e che hanno un effetto sui recettori cerebrali, tuttavia queste ipotesi necessitano di ulteriori indagini (Kalkut et al., 2009). In uno studio precedente, Anderson, Anderson, Northam, Jacobs & Catroppa (2001) avevano osservato sempre una migliore performance nel compito di fluenza verbale di tipo fonemico articolato in tre trial (generare quante più parole possibile che cominciano con la lettera F, A, S) nelle femmine di 12-13 anni rispetto ai maschi della stessa età. Alcuni studi in letteratura non riportano, al contrario, differenze di genere nella fluenza verbale (Moura et al., 2015; Hazin et al., 2016). Questa abilità sembra migliorare significativamente nel corso dello sviluppo, stabilizzandosi tra i 13 e i 15 anni (Anderson et al., 2001; Kalkut et al., 2009; Martins et al., 2007).

Alcuni ricercatori hanno sostituito il concetto shifting con flessibilità nel *core* delle funzioni esecutive. Il concetto di flessibilità è un concetto più ampio dello shifting ed è considerato l'opposto della rigidità o la capacità di adattarsi a situazioni e problemi mutevoli (Morra et al., 2018). Non ci sono prove, tuttavia, che la flessibilità cognitiva possa essere considerata a costrutto generale coerente utilizzabile nella ricerca delle differenze individuali.

Di conseguenza, il termine "flessibilità" deve essere utilizzato con diverse qualifiche o specifiche in contesti diversi. Ad esempio, nel campo della ricerca del pensiero divergente, la flessibilità indica la tendenza a generare risposte eterogenee o a utilizzare una varietà di categorie quando si producono idee. In questo contesto, Wilson, Guilford, Christensen e Lewis (1954) riportarono due tipologie di flessibilità, quella *adattiva*, definita come la capacità di cambiare strategia al fine di soddisfare i requisiti richiesti da problemi mutevoli,



e quella *spontanea*, definita come la capacità di produrre una varietà di idee in una situazione relativamente non strutturata (Morra et al., 2018).

La flessibilità cognitiva, come concetto generale, è fondamentale per la selezione e il mantenimento di strategie appropriate e il disimpegno da quelle irrilevanti, e rappresenta una tra le competenze necessarie per svolgere con successo compiti accademici. Diversi studi hanno dimostrato quanto la flessibilità sia importante per l'esecuzione di compiti accademici complessi che richiedono alternanza tra diversi aspetti dei problemi o strategie (Agostino, Johnson, e Pascual-Leone, 2010; Blair, Kline e Gamson, 2008). Inoltre, si ritiene che i deficit di flessibilità cognitiva riducano la capacità dei bambini di spostare la loro attenzione su alcune attività di apprendimento (ad es. l'aggiornamento durante comprensione di un testo che permette di incorporare nuove informazioni su un personaggio) e siano correlati a performance meno efficienti nella risoluzione dei problemi, generazione di ipotesi e strategie e nell'uso delle regole (Morgan et al., 2019). Tuttavia, altri lavori non hanno evidenziato che deficit nella flessibilità cognitiva siano predittivi delle difficoltà nel mondo accademico soprattutto durante la scuola primaria. Una possibile spiegazione per questi risultati contrastanti è che i deficit di flessibilità cognitiva diventano limitanti durante livelli di scolarizzazione più alti quando vengono richieste abilità accademiche più avanzate (Morgan et al., 2019).

## **2.2 Obiettivi e ipotesi**

Il presente studio ha come obiettivo la standardizzazione per l'età evolutiva del test di fluency verbale alternata creato e standardizzato da Costa et al., (2014) per l'età adulta. Attualmente, nel panorama italiano, non esiste una prova che valuti il set-shifting verbale nella popolazione italiana in età evolutiva. La finalità è quella di somministrare la prova di fluency verbale alternata (FA) ad un ampio campione di bambini e adolescenti al fine di raccogliere dati normativi in base all'età.

Gli obiettivi alla base della nostra ricerca sono i seguenti:

- verifica delle differenze interindividuali nei subtest di fluenza verbale fonemica (FF), semantica (FS), alternata (FA) e nell'indice di shifting in relazione all'età e al livello di scolarizzazione;
- verifica delle differenze interindividuali nei subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA) in relazione alla variabile sesso;
- verifica dell'esistenza di correlazione tra le abilità di lettura e i subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA e indice di shifting);
- verifica dell'esistenza di correlazione tra le misure di shifting (fluenza verbale e TMT B-A);

Sulla base della letteratura internazionale, ci si attende che:

- la capacità di set-shifting dei bambini e adolescenti migliori con l'età;
- ci sia una differenza statisticamente significativa nella capacità di set-shifting tra il gruppo di genere maschile e il gruppo di genere femminile;
- ci sia una correlazione tra le abilità di lettura e i subtest della fluenza verbale (FF, FS e FA) rispetto agli errori di lettura;
- ci sia una maggiore correlazione tra il subtest FA, l'indice di shifting e il TMT B-A rispetto agli altri subtest di fluenza verbale.

## 2.3 Metodo

### 2.3.1 Partecipanti

La ricerca ha coinvolto 41 classi di scuole primarie e secondarie di primo e secondo grado nel nord, centro e sud Italia. Per quanto riguarda la scuola secondaria di secondo grado abbiamo raccolto i dati di 9 classi di un istituto professionale, 1 classe di un istituto tecnico, 5 classi di istituti liceali. Il campione comprende 879 bambini e adolescenti italiani a sviluppo tipico, di cui 485 femmine (56,2%) e 394 maschi (44,8%) di età compresa tra i 8.92 anni e i 20.92 anni. Ai fini delle analisi statistiche dei dati, gli 879 bambini, preadolescenti e adolescenti a sviluppo tipico sono stati suddivisi in 4 sottogruppi a seconda del livello di scolarizzazione durante la somministrazione dei test (Tab.1):

- *Gruppo ST-1* bambini frequentanti la classe quarta e quinta della scuola primaria con un'età cronologica compresa tra gli 8.92 anni e i 10.5 anni (n = 259, 29.5%);
- *Gruppo ST-2* ragazzi frequentanti la scuola secondaria di primo grado con un'età cronologica compresa tra i 10.83 anni e i 14.33 anni (n = 281, 32%);
- *Gruppo ST-3* ragazzi frequentanti il biennio della scuola secondaria di secondo grado con un'età cronologica compresa tra i 13.58 anni e i 15.67 anni (n = 194, 22.1%);
- *Gruppo ST-4* ragazzi frequentanti il triennio della scuola secondaria di secondo grado con un'età cronologica compresa tra i 14.33 anni e i 20.92 anni (n = 145, 16.5%);

Il gruppo ST-1 è composto da 259 bambini di cui 126 maschi (14.3%), 133 femmine (15.1%) (media età = 9.95 anni, DS = .58). Il gruppo ST-2 è composto da 281 ragazzi di cui 140 maschi (15.9%), 141 femmine (16%) (media età = 12.6 anni, DS = .88). Il gruppo ST-3 è composto da 194 ragazzi di cui 83 maschi (9.4%), 111 femmine (12.6%) (media età = 15.03 anni, DS = .74). Il gruppo ST-4 è composto da 145 ragazzi di cui 45 maschi (5.1%), 100 femmine (11.4 %) (media età = 17.51 anni, DS =1.16).

Per quanto riguarda il sesso i primi tre gruppi, ST-1, ST-2 e ST-3 non differiscono [ $\chi^2(2, N=734) = 2.57, p = .28$ ] mentre il gruppo ST-4 mostra più femmine rispetto ai maschi come si evince dal test Chi-quadrato relativo ai quattro gruppi [ $\chi^2(3, N=879) = 16.16, p = .001$ ].

Tab. 1 Caratteristiche del CAMPIONE

	<i>Numero</i>	<i>Sesso M/F</i>	<i>Età</i>
<b>ST-1</b>	259	126/133	9.95
<b>ST-2</b>	281	140/141	12.6
<b>ST-3</b>	194	83/111	15.03
<b>ST-4</b>	145	45/100	17.51
	879	879	

Il progetto è stato condotto in conformità con la Dichiarazione di Helsinki del 1964. La ricerca è stata proposta inizialmente ai dirigenti scolastici e successivamente agli insegnanti referenti per i DSA, i quali hanno informato i docenti e i genitori, distribuendo i moduli del consenso informato per la partecipazione allo studio. I test sono stati somministrati durante l'orario scolastico, previo accordo con i dirigenti scolastici e i docenti coinvolti, e hanno riguardato solo gli studenti per i quali i genitori hanno espresso preventivamente il proprio consenso scritto, attraverso la compilazione di un modulo per il consenso informato che prevede la descrizione dello studio, la richiesta di partecipazione alla ricerca e una parte informativa sul trattamento dei dati e la tutela dell'anonimato, nel rispetto delle norme vigenti in materia di privacy. I bambini e i ragazzi dei quali i consensi informati presentavano la firma di uno solo dei due genitori sono stati esclusi dalla ricerca. Per evitare di creare discriminazioni all'interno degli istituti, i test sono stati somministrati a tutti gli alunni delle classi partecipanti, tuttavia, a fini delle analisi dei dati sono stati esclusi:

- gli studenti stranieri, con difficoltà di espressione linguistica in italiano, o in una condizione di recente immigrazione, dato che per tutti i test, a parte la prova di intelligenza non verbale (SPM), è coinvolta la componente linguistica;

- gli studenti tutelati dalla legge 104/92 e/o con un punteggio inferiore al 30° percentile al test SPM, che corrisponde a un QI di 85;
- gli studenti tutelati dalla legge 170/2010 e dalla Direttiva Ministeriale del 27/12/2012 e C.M. n° 8/13 e Nota 22/11/2013.

### 2.3.2 Strumenti

Sono stati somministrati i seguenti test:

- *Coloured Progressive Matrices – CPM* (Raven, 1986; taratura italiana a cura di Belacchi et al., 2008) e *Standard Progressive Matrices - SPM* (Raven, 2008; taratura italiana a cura di Picone et al., 2016). Questi test vengono utilizzati per la valutazione dell'intelligenza fluida, ovvero la capacità di analizzare e risolvere problemi in situazioni nuove, indipendentemente dalle conoscenze acquisite, di identificare schemi e relazioni sottostanti attraverso il ragionamento logico. I test presentano ottime proprietà psicometriche e sono “culture fair”, svincolato dalla cultura, in quanto coinvolgono una modalità di ragionamento non verbale. Sono somministrabili anche a studenti stranieri che non hanno ancora acquisito un'ottima padronanza della lingua italiana. Le CPM sono composte da 3 serie di 12 item ciascuna per un totale di 36 item. Le SPM sono composte da 5 serie indicate da una lettera (dalla A alla E), ognuna suddivisa in 12 item, per un totale di 60. Gli item sono presentati in ordine crescente di difficoltà. Le figure di ogni pagina comprendono motivi grafici che si modificano da sinistra a destra e dall'alto verso il basso, il partecipante deve comprenderne le logiche sottostanti per giungere alla soluzione. L'unica istruzione fornita è stata quella di indicare quale fra le alternative proposte completa il disegno presentato, scrivendo (o pronunciando nel caso delle prove somministrate nelle classi elementare), il numero dell'alternativa scelta su un

foglio delle risposte costruito a griglia e fornito ad ogni ragazzo. Il punteggio grezzo è stato convertito in centile in riferimento ai dati normativi italiani per l'età.

- *Prova di lettura di parole* (prova 2) e *non parole* (prova 3), tratte dalla “Batteria per la valutazione della Dislessia e Disortografia Evolutiva” – DDE-2 (Sartori, Job e Tressoldi, 2007). Le due prove consistono rispettivamente nella lettura ad alta voce di 112 parole divise in 4 colonne, e 48 non parole, divise in 3 colonne. Il somministratore segna il numero di errori commessi (es. aggiunta, omissione, inversione, sostituzione di sillaba o parola, errato uso dell'accento), escluse le autocorrezioni, e il tempo in secondi impiegato dallo studente, separatamente per la lettura delle liste di parole e di non parole. Per la lettura di parole e non parole sono stati calcolati i parametri rapidità, quantificato in numero di secondi impiegati, e accuratezza, dato dal numero di errori compiuti.
- *Prova di lettura di brano*. Per gli studenti della scuola primaria sono stati proposti i brani “L'indovina che non indovinò” di (297 sillabe) per le classi quarte e “Vecchi proverbi” (448 sillabe) per le classi quinte tratti da “Prove MT- kit Scuola Primaria” (Cornoldi, Colpo e Carretti, 2017). Per gli studenti della scuola secondaria di primo grado sono stati proposti i brani “Sogni ad Hiroshima” (592 sillabe) per la classe prima, “Immigrati dal terzo mondo” (596 sillabe) per la classe seconda e “Città da salvare” (576 sillabe) per gli studenti di classe terza tratti da “Prove MT- kit Scuola Secondaria I° grado” (Cornoldi, Colpo e Carretti, 2017). Per gli studenti della scuola secondaria di secondo grado della classe prima è stata proposta la lettura del brano “26 Dicembre 2004” (1123 sillabe), per gli studenti della classe seconda il brano “Le origini della tecnologia” (1287 sillabe) tratti da “Prove MT Avanzate-3-Clinica” (Cornoldi, Pra Baldi e Giofrè, 2017), infine per gli studenti del triennio (3°, 4°, 5°) il brano “Terzo mondo” (1481 sillabe) tratto da “Prove di lettura e scrittura MT-16-19”

(Cornoldi e Candela, 2015). L'esaminatore segna il numero di errori, differenziando gli errori da 1 punto (es. omissione, elisione, inserzione, inversione, sostituzione di sillaba) e da 0.5 punti (es. autocorrezione, spostamento di accento, errore ripetuto, errore che non modifica il significato del testo), e il tempo impiegato per completare la lettura, in secondi. Per la lettura del testo sono stati calcolati i parametri velocità, quantificato con il rapporto sillabe/secondo, e accuratezza, data dal numero di errori commessi.

- *Trail Making Test – TMT* (Giovagnoli et al., 1996). Il TMT si compone di due parti distinte A e B, entrambe precedute da un pre-test in cui il partecipante può fare pratica con il compito e l'esaminatore può capire se la consegna è stata adeguatamente recepita. Nella prima parte A, il compito consiste nel collegare con una matita, il più velocemente possibile, i numeri in ordine numerico crescente da 1 a 25, disposti in modo sparso sul foglio. Lo scopo di questa prima sezione del test è valutare la capacità di ricerca visuospaziale, di attenzione selettiva visiva e la velocità psicomotoria. La parte seconda parte B è quella più complessa e impegnativa, poiché richiede di collegare, sempre il più velocemente possibile, in modo alternato un numero e una lettera, seguendo rispettivamente l'ordine crescente numerico e l'ordine alfabetico (es. 1-A-2-B-3-C-4-D). Nella presente ricerca la parte B è quella che interessa realmente, essa infatti è sensibile all'abilità di shifting, o flessibilità cognitiva, in quanto il partecipante deve mantenere costantemente l'attenzione sulle due serie che si alternano, quella numerica e quella alfabetica. L'esaminatore segna il tempo impiegato dal ragazzo, in secondi, per completare la parte A e successivamente la parte B. Per questa prova non è stato calcolato il numero di errori commessi, ma solo il parametro tempo, in secondi. Per ottenere una misura il più "pura" possibile della capacità di shifting viene effettuata la sottrazione tra il tempo

impiegato per finire la parte B e quello necessario per completare la parte A. Si ottiene in questo modo un indice del costo di shifting, che controlla la velocità di elaborazione percettiva e visuo-motoria individuale, minimizzandone gli effetti (Sánchez-Cubillo et al., 2009). Quanto più è alta la differenza B - A, tanto più il partecipante mostra difficoltà nell'effettuare lo shifting. Se invece i risultati ottenuti nelle due parti sono simili, allora il problema non riguarda in modo specifico lo shifting, ma potrebbe essere dovuto a una lentezza nella ricerca visiva o nell'elaborazione visuo-motoria.

- *Test di fluenza verbale alternata* (Costa et al., 2014). La prova si compone di tre subtest somministrati nel seguente ordine, ciascuno articolato in 3 trial della durata di 1 minuto ciascuno (Vedi Appendice):
  1. *Fluenza Fonemica (FF)*: viene richiesto di dire tutte le parole che vengono in mente che iniziano con la lettera “F”, “A”, “S”. Questo subtest valuta la capacità di accesso e recupero lessicale in base ad un criterio fonemico;
  2. *Fluenza Semantica (FS)*: viene richiesto di dire tutte le parole che vengono in mente appartenenti ad una data categoria semantica (“animali”, “colori”, “frutta”). Questo subtest misura la capacità di accesso e recupero dal magazzino lessicale sulla base di un cue semantico;
  3. *Fluenza Alternata (FA)*: richiede di alternare rapidamente il criterio di accesso lessicale (A/colori, F/animali, S/frutta), cambiando quindi in modo flessibile il set mentale. Questo subtest risulta il più complesso perché consiste nell'integrare, in modo alternato, i due compiti precedenti. Esso si propone di valutare la capacità di set-shifting verbale extradimensionale, ovvero la capacità di muoversi flessibilmente tra due subtest differenti. Per esempio, nel primo trial in cui è richiesto di alternare



una parola che comincia con la lettera “A” e un “colore” qualsiasi, il partecipante potrebbe dire “ANTICO/BLU, ATTORE/VERDE, ANDARE/ROSSO”.

La prova è di facile e rapida somministrazione. La durata complessiva è di circa 9 minuti (3 minuti per ogni subtest). Per tutti e tre i subtest viene data l’istruzione di non utilizzare le parole derivate (es. arancia, arancione), i nomi propri di persona, città o paese, e lo stesso verbo coniugato più volte in modi diversi (es. mangiare, mangiato, mangiai). In generale, tutti i sostantivi, aggettivi e verbi sono considerati validi. Per quanto riguarda lo scoring, l’esaminatore segna per ciascun trial il numero totale delle parole correttamente prodotte dal partecipante in 60 secondi (non vengono calcolate le ripetizioni), assegnando 1 punto per ogni parola corretta, e somma successivamente il punteggio ottenuto nei tre trial. Solo nel subtest di FA il calcolo del punteggio avviene in modo diverso: sono attribuiti 2 punti per ogni coppia correttamente generata e 0 punti se un membro è corretto, ma l’altro è scorretto per categoria, lettera iniziale o perché ripetuto all’interno dello stesso trial. Si ottengono, dunque, 3 punteggi finali: FF, FS, FA. È stato, inoltre, calcolato un indice (index) composito di shifting (Costa et al., 2014) in grado di catturare il costo che il partecipante paga nel passaggio dal compito di fluenza singolo al compito di fluenza alternato, attraverso la seguente formula:  $\text{punteggio FA} / [(\text{punteggio FF} + \text{punteggio FS}) / 2]$ . Il test di Costa et al. (2014), misurando in modo più specifico lo shifting extradimensionale, sembra superare alcuni limiti dei test attualmente utilizzati in Italia per la valutazione della flessibilità cognitiva, come il TMT e il WCST, che coinvolgono in modo importante molte altre funzioni, come la scansione visiva e la coordinazione visuo-motoria, la memoria di lavoro, il ragionamento astratto.

### *2.3.3 Procedura*

Il test SPM e/o CPM è stato somministrato collettivamente in classe. La durata media per il completamento della prova in ogni classe è stata di circa 30 minuti. Le altre prove sono state

proposte individualmente in una aula ben illuminata, tranquilla e silenziosa della scuola, in cui erano presenti solo l'esaminatore e il ragazzo. Questa parte ha avuto una durata di circa 15/20 minuti per ogni partecipante. Nella maggior parte dei casi la raccolta dei dati è avvenuta all'interno della stessa mattinata, tuttavia per questioni di tempo, di numeri, e di organizzazione interna degli istituti, in alcune classi, per alcuni partecipanti, la parte individuale è stata svolta in una mattinata diversa e successiva da quella in cui è avvenuta la somministrazione collettiva. L'ordine di somministrazione dei test (prove di lettura, TMT, fluenza verbale) nella sessione individuale è stato variabile e adattato in modo individualizzato, anche in base all'eventuale stato d'ansia e stanchezza dello studente. Per quanto riguarda, in modo specifico, la prova di fluenza, è stato adottato l'ordine proposto da Costa et al. (2014), ovvero prima la prova di fluenza fonemica, poi semantica e infine alternata.

#### *2.3.4 Analisi dei dati*

Per le analisi statistiche è stato utilizzato il software SPSS 22.0 per Windows. Il disegno sperimentale prevede 4 gruppi, tutti a sviluppo tipico (ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4). È stata effettuata un'analisi descrittiva dei gruppi (Tab.2) e successivamente un'analisi delle assunzioni di normalità e omoschedasticità attraverso il test di Kolmogorov-Smirnov e il test di Levene. Dal test di Kolmogorov-Smirnov emerge una distribuzione gaussiana per la variabile FS ( $p=.135$ ), una distribuzione gaussiana, seppur con significatività al limite, per la variabile FF ( $p=.057$ ) e una distribuzione non gaussiana per le variabili FA ( $p=.003$ ) e indice di shifting ( $p<.001$ ). In riferimento a queste ultime due siamo andati a verificare il test di Levene che risulta non significativo per la variabile FA ( $p=.298$ ) e significativo per la variabile indice di shifting ( $p<.001$ ). Quindi per le variabili FF, FS e FA abbiamo utilizzato l'ANOVA a misure ripetute 3 x 4 che presenta il test di fluenza verbale come fattore entro i soggetti (3 livelli: FF vs FS vs FA) e il gruppo come fattore tra soggetti (4 livelli: ST-1, ST-

2, ST-3 e ST-4). Per l'indice di shifting è stato condotto il test di Mann-Whitney per valutare le potenziali differenze nei quattro gruppi. Le dimensioni dell'effetto ( $r$ ) per i test U di Mann-Whitney sono state calcolate usando la formula  $r = (Z) / (\sqrt{N})$  dove  $N$  è il totale numero (879) di partecipanti; i valori standard per dimensioni dell'effetto piccole, medie e grandi sono rispettivamente 0.1, 0.3 e 0.5 (Field, 2009, p. 550). Infine, è stata utilizzata la correlazione di Spearman per esaminare le relazioni tra prove di lettura (DDE parole tempo, DDE parole errori, DDE non parole tempo, DDE non parole errori, MT brano errori), prove di fluenza e TMT B-A. I valori di correlazione considerati sono quelli medi, per un valore uguale o maggiore di 0.3, e ampi, per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2017). Non sono stati presi in considerazione valori di correlazioni nulli o lievi ( $r_s=0.1-0.29$ ), Il livello di significatività considerato in questo studio è del  $p\text{-value} < 0.05$ .

## 2.4 Risultati

L'ANOVA a misure ripetute mostra un effetto significativo nel fattore subtest [ $F(3,879) = 1185.2, p < .001$ ; eta quadro parziale  $\eta^2 = .575$ ] e nel fattore gruppo [ $F(3,879) = 138.19, p < .001$ ; eta quadro parziale  $\eta^2 = .321$ ]. Le significatività statistiche risultanti sono state approfondite tramite l'analisi post-hoc usando il test di Bonferroni (Tab.2). I post hoc hanno rilevato differenze significative nel subtest FF tra ST-1 e ST-2 ( $p < .001$ ), tra ST-2 ed ST-3 ( $p < .001$ ) e tra ST-3 e ST-4 ( $p < .001$ ). Inoltre, hanno messo in evidenza differenze significative nel subtest FS tra ST-1 e ST-2 ( $p < .001$ ), tra ST-2 ed ST-3 ( $p < .001$ ) e tra ST-3 e ST-4 ( $p < .001$ ) ed infine nel subtest FA tra ST-1 e ST-2 ( $p < .001$ ), tra ST-2 ed ST-3 ( $p < .001$ ) e tra ST-3 e ST-4 ( $p < .001$ ).

L'ANOVA entro i gruppi ha mostrato che all'interno dei gruppi la prestazione nel subtest FA è significativamente inferiore rispetto a quella del subtest FS e significativamente superiore di quella del subtest FF. L'interazione tra il fattore gruppo e il fattore subtest (FF,

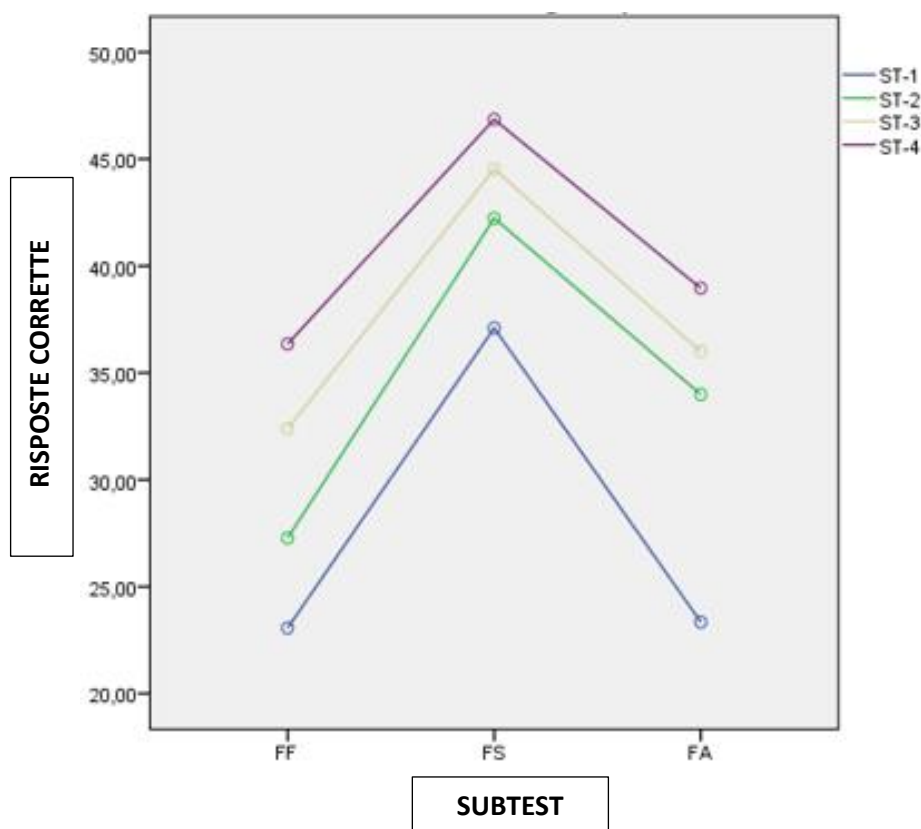
FS e FA) risulta significativa [ $F(3,879) = 63.66, p < .001$ ; eta quadro parziale  $\eta^2 = .179$ ].

(Fig.1)

Tab. 2 Media, minimo e massimo, e deviazione standard dei punteggi nei subtest FF, FS, FA e Indice di Shifting del gruppo ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4

		<i>FF</i>	<i>FS</i>	<i>FA</i>	<i>Indice di Shifting</i>
<b>ST-1</b>	<i>N</i>	259	259	259	259
	<i>Media</i>	23.06	37.1	23.34	0.78
	<i>Minimo</i>	7	23	6	0.25
	<i>Massimo</i>	40	58	46	1.39
	<i>Dev.Stand.</i>	6.9	6.94	8.89	0.27
<b>ST-2</b>	<i>N</i>	281	281	281	281
	<i>Media</i>	27.27	42.23	33.99	0.98
	<i>Minimo</i>	5	24	10	0.38
	<i>Massimo</i>	50	61	60	1.73
	<i>Dev.Stand.</i>	8.28	7.07	8.99	0.19
<b>ST-3</b>	<i>N</i>	194	194	194	194
	<i>Media</i>	32.40	44.53	35.99	0.94
	<i>Minimo</i>	12	19	12	0.49
	<i>Massimo</i>	59	65	70	1.39
	<i>Dev.Stand.</i>	9.22	7.85	8.89	0.17
<b>ST-4</b>	<i>N</i>	145	145	145	145
	<i>Media</i>	36.35	46.86	38.96	0.94
	<i>Minimo</i>	18	31	18	0.45
	<i>Massimo</i>	70	69	58	1.55
	<i>Dev.Stand.</i>	8.85	7.16	9	0.17

Fig. 1 Medie di risposte corrette nella FF, FS e FA nei gruppi ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4



Come è possibile verificare dal grafico (Fig.1) emerge un non parallelismo fra le traiettorie delle diverse fasce d'età, in particolare tra ST-1 e le altre fasce d'età nel subtest FS ma soprattutto nel subtest FA.

Per quanto riguarda l'indice di shifting, i test U di Mann-Whitney mostrano delle differenze significative tra i gruppi. Nello specifico, l'indice di shifting risulta significativamente più basso per il gruppo ST-1 rispetto al gruppo ST-2 ( $U=21181.5$ ;  $p<.001$ ;  $r=-0.36$ ), rispetto al gruppo ST-3 ( $U=16874$ ;  $p<.001$ ;  $r=-0.28$ ) e al gruppo ST-4 ( $U=12620.5$ ;  $p<.001$ ;  $r=-0.27$ ). Inoltre, emergono delle differenze significative tra il gruppo ST-2 ed il gruppo ST-3 ( $U=23241$ ;  $p=.006$ ;  $r=0.12$ ), e tra il gruppo ST-2 ed ST-4 ( $U=17308.5$ ;  $p=.011$ ;  $r=-0.12$ ). Non vi sono differenze significative tra il gruppo ST-3 ed ST-4.

Nei quattro gruppi si rilevano correlazioni statisticamente significative tra il subtest FF e le prove di lettura; infatti, si registrano correlazioni medie tra questo subtest e il numero di errori nella lettura delle non parole, la velocità di lettura delle parole e delle non parole e una correlazione tra il subtest FF e la velocità di lettura nel brano (Tab. 3). Il subtest FS mostra delle correlazioni medie con la velocità di lettura delle parole, delle non parole e del brano e nessuna correlazione con il numero di errori nella lettura (Tab. 3). Non si registrano correlazioni tra il subtest FA e il numero di errori nella lettura. Il subtest FA mostra delle correlazioni ampie con la velocità di lettura delle parole, del brano e una correlazione media con la velocità di lettura delle non parole (Tab. 3). Non emerge nessuna correlazione tra l'indice di shifting e la velocità di lettura o il numero di errori commessi durante la lettura (Tab. 3). Le correlazioni tra la prova di fluenza verbale e lettura di parole e non parole, valutate tramite il parametro della velocità, sono negative in quanto minore è la velocità di lettura migliore è l'efficienza nella fluenza verbale; mentre, le correlazioni riscontrate tra la prova di fluenza verbale e il brano sono positive dal momento che maggiore è il numero di sillabe lette al secondo migliore è l'abilità di fluenza verbale.

Tab. 3 Correlazioni di Spearman tra i subtest FF, FS, FA e Indice di shifting, e la velocità e gli errori di lettura di parole, non parole e brano

		Parole tempo	Parole errori	Non parole tempo	Non parole errori	Brano sill/sec	Brano errori
FF	<i>rs</i>	<b>-.490*</b>	-.287	<b>-.441*</b>	<b>-.313*</b>	<b>.532**</b>	-.076
FS	<i>rs</i>	<b>-.430*</b>	-.240	<b>-.366*</b>	-.255	<b>.478*</b>	-.117
FA	<i>rs</i>	<b>-.505**</b>	-.245	<b>-.474*</b>	-.267	<b>.512**</b>	-.153
Indice di Shifting	<i>rs</i>	-.108	.008	-.130	-.009	.054	-.113

\*p<.05; \*\*p<.001

Al fine di verificare se le correlazioni con il subtest FA e l'indice di shifting cambino con l'età e quindi con l'automatizzazione della lettura si è proceduto col calcolare l'indice di correlazione di Spearman in ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4. Come si può evincere dalla Tab.4 in ST-1 emergono delle correlazioni medie tra il subtest FS e la velocità di lettura di parole e tra FA e la velocità di lettura di parole. In ST-2 emergono delle correlazioni medie tra i subtest FF, FS, FA sia con le velocità di lettura delle parole che con la velocità di lettura del brano. Inoltre, vi è una correlazione media anche tra il subtest FA e la velocità di lettura delle non parole. In ST-3 si evidenziano delle correlazioni medie tra il subtest FA e la velocità di lettura delle parole, delle non parole e la velocità di lettura del brano, tra il subtest FS e la velocità di lettura del brano e infine tra l'indice di shifting e la velocità di lettura delle non parole. Nell'ultima fascia d'età, ST-4, i dati mostrano delle correlazioni medie tra la velocità di lettura del brano e i subtest FF, FS e FA, tra la velocità di lettura delle non parole e i subtest FF ed FA e, infine, tra la velocità di lettura delle parole e i subtest FF e FA (Tab.4). Per verificare l'ipotesi della correlazione tra i subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA, Indice di shifting) e il TMT (B-A) sono stati raccolti i dati relativi al TMT (B-A). Tutti e tre i subtest mostrano delle correlazioni con il TMT (B-A) ma non si evidenziano correlazioni tra quest'ultimo e l'indice di shifting (Tab. 5). Queste correlazioni sono negative perché punteggi alti al TMT (B-A) corrispondono ad un costo di shifting elevato mentre punteggi alti nei subtest di fluenza corrispondono a migliori capacità di shifting.

Tab. 4 Correlazioni di Spearman tra i subtest FF, FS, FA e Indice di shifting, e la velocità e gli errori di lettura di parole, non parole e brano in ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4

<i>ST-1</i>		Parole tempo	Parole errori	Non parole tempo	Non parole errori	Brano sill/sec	Brano errori
FF	<i>rs</i>	-.249	-.130	-.198	-.137	.252	-.101
FS	<i>rs</i>	<b>-.334*</b>	-.184	-.265	-.186	.296	-.170
FA	<i>rs</i>	<b>-.358*</b>	-.108	-.249	-.153	.277	-.163
Indice di Shifting	<i>rs</i>	-.110	.031	-.048	-.029	.059	-.089
<i>ST-2</i>							
FF	<i>rs</i>	<b>-.343*</b>	-.154	-.259	-.256	<b>.328*</b>	-.225
FS	<i>rs</i>	<b>-.323*</b>	-.139	-.219	-.169	<b>.369*</b>	-.172
FA	<i>rs</i>	<b>-.383*</b>	-.133	<b>-.326*</b>	-.237	<b>.394*</b>	-.248
Indice di Shifting	<i>rs</i>	-.127	.011	-.155	-.076	.107	-.102
<i>ST-3</i>							
FF	<i>rs</i>	-.265	-.200	-.192	-.204	.246	-.134
FS	<i>rs</i>	-.297	-.061	-.194	-.126	<b>.333*</b>	-.100
FA	<i>rs</i>	<b>-.429*</b>	-.196	<b>-.390*</b>	-.211	<b>.359*</b>	-.263
Indice di Shifting	<i>rs</i>	-.222	-.103	<b>-.309*</b>	-.065	.136	-.212
<i>ST-4</i>							
FF	<i>rs</i>	<b>-.321*</b>	-.093	<b>-.312*</b>	-.112	<b>.405*</b>	-.176
FS	<i>rs</i>	-.288	-.191	-.287	-.247	<b>.408*</b>	-.282
FA	<i>rs</i>	<b>-.357*</b>	-.158	<b>-.408*</b>	-.121	<b>.414*</b>	-.234
Indice di Shifting	<i>rs</i>	-.119	-.064	-.171	.024	.095	-.064

p<.05; \*\*p<.001

Tab. 5 Correlazioni di Spearman tra il TMT(B-A) e i subtest di FF, FS, FA e l'Indice di shifting

		FF	FS	FA	Indice di shifting
TMT (B-A)	<i>rs</i>	<b>-.423*</b>	<b>-.400*</b>	<b>-.346**</b>	-.034

\*p<.05; \*\*p<.001

È stata eseguita un'ANOVA per valutare le differenze tra maschi e femmine (Tab.6) nel subtest FA e nell'indice di shifting. È emersa una differenza non significativa sia nel subtest FA [ $F(3,879)=.035$ ;  $p=.871$ ] che nell'indice di shifting [ $F(3,879)=2.79$ ;  $p=.095$ ].

Tab. 6 Media, minimo e massimo, e deviazione standard dei punteggi nel subtest FA e nell'Indice di Shifting in maschi e femmine

		<i><b>FA</b></i>	<i><b>Indice di Shifting</b></i>
<i><b>M</b></i>	<i>N</i>	395	395
	<i>Media</i>	31.43	0.91
	<i>Minimo</i>	6	0.25
	<i>Massimo</i>	70	1.42
	<i>Dev.Stand.</i>	10.73	0.23
<i><b>F</b></i>	<i>N</i>	484	484
	<i>Media</i>	32.68	0.89
	<i>Minimo</i>	10	0.31
	<i>Massimo</i>	60	1.73
	<i>Dev.Stand.</i>	10.65	0.22

## 2.5 Discussione

I dati del presente studio hanno evidenziato, confermando la nostra ipotesi iniziale, alcune differenze interindividuali nella fluenza verbale rispetto al livello di scolarizzazione anche oltre l'adolescenza. In particolare, sono state osservate delle differenze nei subtest FF, FS e FA tra la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado e tra la scuola primaria e la scuola secondaria di secondo grado (sia biennio che triennio). Inoltre, sono emerse differenze significative tra la scuola secondaria di primo grado e sia tra il biennio che il triennio della scuola secondaria di secondo grado. Infine, i dati mostrano differenze tra il biennio e il triennio della scuola secondaria di secondo grado. Quest'ultimo dato contrasta con quello riscontrato da studi precedenti in letteratura che avevano osservato un miglioramento significativo nella fluenza verbale, sia fonemica che semantica, solo fino alla prima adolescenza, 13 anni circa (Anderson et al., 2001; Kalkut et al., 2009), o addirittura prima, solo fino alla tarda infanzia, 9-10 anni circa (Hazin et al., 2016).



Il dato riscontrato in questo studio è quindi parzialmente in linea con quello di altre ricerche che hanno rilevato un miglioramento significativo nella fluenza verbale fino ai 14-15 anni. Martins et al. (2007) hanno osservato, infatti, che mentre nella prestazione al subtest FS è raggiunto un *plateau* intorno ai 13 anni, la prestazione nel subtest FF continua a migliorare fino ai 15 anni. Nella presente ricerca le prestazioni nei subtest FF, FS e FA continuano a svilupparsi fino al triennio della scuola secondaria di secondo grado (18 anni circa). Il test di fluenza verbale alternata, proposto in questo studio, coglie l'attitudine allo shifting (Costa et al., 2014). In questo subtest, il ragazzo è tenuto a selezionare le parole con gli stessi cues fonemici e semantici richiesti dai due subtest di fluenza singola precedentemente somministrati. Questo dovrebbe ridurre lo sforzo necessario per accedere alla lettera singola o alla categoria. La differenza chiave, rispetto ai due subtest di fluenza fonemica e semantica, è la richiesta di cambiare rapidamente il set mentale generando parole e alternando continuamente tra criterio fonemico e criterio semantico. Pertanto, il subtest di fluenza verbale alternata potrebbe essere efficace per indagare l'abilità di set-shifting (Costa et al., 2014). Quest'ultima, nel nostro studio, sembra continuare a maturare anche successivamente nel corso dello sviluppo, almeno fino agli ultimi anni della scuola secondaria di secondo grado. Lo studio condotto da Kalkut et al. (2009) ha evidenziato cambiamenti significativi nel set-shifting dagli 8 ai 13 anni e dei miglioramenti meno evidenti fino all'età adulta. Come indicato da Costa et al. (2014) nel loro studio, è stato calcolato un indice composito di shifting secondo la seguente formula:  $\text{punteggio FA} / [\text{punteggio FF} + \text{punteggio FS} / 2]$ . Questo indice ha la finalità di catturare il costo che una persona paga passando dai subtest di fluenza singoli (FF e FS) al subtest di fluenza alternata. Il test U di Mann-Whitney mostra delle differenze significative tra la scuola primaria e gli altri livelli di scolarizzazione più alti, e tra la scuola secondaria di primo grado e quella di secondo grado. Con l'aumentare del livello di scolarizzazione (ST-2, ST-3 ed ST-4) l'indice di shifting si avvicina ad 1

indicando che il costo di spostamento da un compito di fluenza singolo ad un compito di fluenza alternata tende a scomparire all'aumentare dell'età e che, quindi, possa essere utilizzato come un buon indicatore “precoce” di quello che un bambino paga passando da un compito semplice (FF e FA) ad un doppio compito (FA).

Per quanto riguarda la variabile demografica sesso, la presente ricerca, contrariamente all'ipotesi formulata, non evidenzia delle differenze nella fluenza verbale tra maschi e femmine, in nessuno dei quattro gruppi. Questo dato è in linea con quello osservato da precedenti studi con bambini o preadolescenti (Hazin et al., 2016, Martins et al., 2007; Moura et al., 2015) e adolescenti (Martins et al., 2007). Tuttavia, il dato contrasta con altri studi in letteratura che invece hanno riscontrato delle differenze nella fluenza verbale rispetto al sesso nei bambini, nei preadolescenti e adolescenti (Anderson et al., 2001; Kalkut et al., 2009) e negli adulti (Loonstra et al., 2001). Nello specifico gli studi riportano una migliore prestazione delle femmine rispetto ai maschi. L'assenza di differenze nei subtest FF, FS e, nello specifico nel subtest FA tra maschi e femmine contrasta, inoltre, con i dati di Costa et al. (2014) sugli adulti, in cui è stato osservato che le femmine hanno una performance migliore rispetto ai maschi in tutti i subtest.

Nel nostro studio è stata confermata l'esistenza di differenze intraindividuali tra i subtest di fluenza verbale. In particolare, per tutti e quattro i gruppi, è emerso che la prestazione nel compito fonemico, in cui è richiesta la capacità di accesso al lessico e il recupero lessicale in base ad un criterio fonemico, risulta significativamente inferiore rispetto a quella ottenuta nel compito semantico, in cui è richiesta la capacità di accesso e recupero dal magazzino lessicale sulla base di un *cue* semantico. Questo dato converge con quanto osservato da studi precedenti nei bambini (Hazin et al., 2016; Reiter et al., 2005), preadolescenti (Moura et al., 2015), adolescenti (Mielnik et al., 2015) e adulti (Costa et al., 2014; Smith-Spark et al., 2017). Probabilmente, il compito fonemico risulta più impegnativo di quello semantico

perché richiede l'esplorazione di più categorie (Martins et al., 2007), risulta un'attività meno usuale (Smith-Spark et al., 2017) e quindi necessita del coinvolgimento di più risorse cognitive e di una maggiore attivazione a livello frontale (Moura et al., 2015). È stata, inoltre, osservata una differenza tra la prestazione al subtest FS e quella al subtest FA. Il dato suggerisce che il compito semantico risulta più facile di quello in cui è richiesta l'alternanza tra il criterio fonemico e quello semantico, quindi in cui è coinvolto il *set-shifting* verbale. Questi dati si discostano da quanto osservato da Costa et al. (2014) sugli adulti: per i partecipanti a questo studio, con età compresa tra i 20 e i 90 anni, il punteggio al subtest FA è risultato significativamente inferiore sia a quello del subtest FS, sia a quello del subtest FF. Costa et al. (2014), tuttavia, hanno osservato che per il gruppo più giovane (20-29 anni), non sono emerse differenze significative nei subtest FF e FA. Una possibile spiegazione di quanto osservato nella presente ricerca rispetto alla maggiore/uguale difficoltà tra i subtest FF e FA, è che il compito alternato risente, probabilmente, di un "effetto apprendimento", in quanto è eseguito per ultimo e richiede l'alternanza tra un criterio fonemico e una categoria semantica già affrontati in precedenza, quindi i partecipanti hanno la possibilità di utilizzare parole che hanno rievocato per i *trial* precedenti. Un'altra spiegazione, per noi più plausibile, è che la minore prestazione nel subtest FA che si osserva negli adulti potrebbe essere legata al processo di invecchiamento fisiologico, al declino delle funzioni esecutive, ed in particolare dello *shifting* (Costa et al., 2014) e/o ad un peggioramento delle capacità di apprendimento e rievocazione esplicita di materiale verbale, precedentemente codificato (Baddeley, Eysenck, e Anderson, 2011). Anche l'interazione tra il livello di scolarizzazione e i tre subtest della fluenza verbale è risultata significativa e questo sta ad indicare che al variare del livello di scolarizzazione le prestazioni relative ai tre subtest (FF, FS e FA) cambiano. Le differenze tra i quattro gruppi (ST-1, ST-2, ST-3 e ST-4) nei tre subtest non sono costanti; nello specifico la differenza tra ST-1 e ST-2 nel subtest FA è molto più ampia

rispetto ai subtest FF e FS, mentre le differenze tra ST-2 e ST-3 nel subtest FA e FS sono più piccole rispetto al subtest FF (vedi Fig.1). Questo dato è confermato in letteratura, ad esempio, da alcuni studi di neuroimaging longitudinali che evidenziano come diverse zone della corteccia prefrontale (soprattutto le zone laterali e dorsali), maggiormente coinvolte nell'attivazione delle funzioni esecutive, continuano a maturare dall'infanzia fino alla tarda adolescenza in tempi diversificati e in modo non lineare (Wiebe et al., 2011, Smith et al., 2012).

I nostri dati, inoltre, dimostrano che esiste una correlazione tra la velocità di lettura e tutti e tre i subtest della fluenza verbale (FF, FS e FA) ma che questa correlazione non è presente se si considerano gli errori compiuti durante la lettura. Infatti, la fluenza è una misura di automatizzazione e velocità piuttosto che di controllo e, inoltre, i lettori tipici italiani, a partire dalla scuola secondaria, commettono pochi errori durante la lettura. Una metanalisi (Yeniad et al., 2012) indica che i bambini con una maggiore capacità di cambiare una rappresentazione concettuale (cioè obiettivi, regole o strategie per la risoluzione dei problemi) mostrano migliori prestazioni in matematica e lettura. Questi risultati indicano un'interpretazione generale del legame tra capacità di shifting, abilità accademiche e intelligenza. Secondo il modello proposto da Miyake e Friedman (2012), ogni componente delle FE coinvolge una parte comune (in tutte e tre le FE) e una parte specifica (unica per quella particolare capacità). È possibile che la parte comune delle FE possa consentire ai bambini di mantenere l'obiettivo di un compito, e che lo shifting possa contribuire al successo in alcuni domini (Yeniad et al., 2012). Altri studi affermano che l'abilità di shifting sarebbe legata alla matematica, ma non alla lettura in quanto lo spostamento è ritenuto necessario per alternare diverse strategie nella complessa soluzione matematica dei problemi (Agostino et al., 2010; Bull et al., 2008).

Con la finalità di analizzare se le correlazioni tra la nostra prova di fluenza verbale e la lettura

cambiassero con l'età e con l'automatizzazione della lettura si è proceduto analizzandole nei quattro livelli di scolarizzazione. Gli indici di correlazione di Spearman hanno evidenziato come la prova di fluenza verbale alternata correli maggiormente con la lettura all'aumentare del livello di scolarizzazione e dell'automatizzazione della lettura soprattutto per quanto riguarda il numero di sillabe al secondo lette nel brano e di come, quindi, lo *shifting* sembra essere in relazione con il dominio della lettura.

Per verificare la validità di costrutto abbiamo analizzato le correlazioni con il TMT (B-A), un indice tradizionalmente utilizzato per valutare l'abilità di *shifting* (Giovagnoli et al., 1996; Sánchez-Cubillo et al., 2009); il TMT (B-A) correla con i tre subtest ovvero con FF, FS e FA in quanto è anche una prova di velocità di elaborazione e di recupero di conoscenze verbali automatizzate. Inoltre, la correlazione tra il subtest FF e il TMT (B-A) potrebbe essere legata anche al fatto che entrambi i compiti richiedono il riferimento e il recupero di sequenze fonemiche ordinate. Un risultato rilevante è stato l'assenza di correlazione tra l'indice di *shifting* e il TMT B-A. È da sottolineare che è emersa un'ampia variabilità nella prestazione al TMT B-A nel gruppo di adolescenti rispetto a quella osservata nei subtest di fluenza verbale. A differenza di quanto accade per i subtest FA, FF, FS e l'indice di *shifting*, la distribuzione dei punteggi del TMT B-A non si approssima ad una curva normale, in quanto alcuni valori si discostano molto da tutti gli altri, costituendo degli *outlier*, per cui sono state fatte delle correlazioni non parametriche. La mancata correlazione tra l'indice di *shifting* e il TMT (B-A) suggerisce la presenza di alcune differenze tra i due indici. Il TMT è un compito che, per quanto preveda di alternare due codici verbali, quello dell'ordine numerico con quello dell'ordine alfabetico, richiede di ricercare visivamente gli item sul foglio (scanner visivo) e di collegarli, coinvolgendo l'abilità di coordinazione visuo-motoria. Il TMT perciò risulta un test più visuo-spaziale. Al contrario, il test di fluenza, nonostante preveda un'uscita motoria e articolazione verbale, non richiede alcun tipo di

esplorazione visiva o di movimento, rimanendo quindi un test puramente verbale. Queste caratteristiche rendono il test di fluenza verbale adatto ad essere utilizzato in ambito clinico o di ricerca per valutare la flessibilità cognitiva anche in presenza di difficoltà motorie o visuo-spaziali della persona, superando i limiti dei test tradizionalmente utilizzati per la valutazione dell'abilità di *shifting*, come il TMT e il WCST (Costa et al., 2014).

# STUDIO 2

## 3.1 Introduzione

La dislessia è un disturbo specifico di apprendimento che ha origine neurobiologica ed è caratterizzata da difficoltà nel riconoscimento accurato e / o fluente delle parole e da scarse abilità di ortografia e decodifica. Questi tratti tipici derivano da un deficit fonologico (Lione, Shaywitz e Shaywitz, 2003) e non sono una conseguenza di menomazioni sensoriali, scarsa intelligenza o mancanza di opportunità socioeducative (American Psychiatric Association, 2013).

Numerosi studi hanno sostenuto l'ipotesi che l'elaborazione fonologica sia il fenotipo neurocognitivo più rilevante della dislessia nelle ortografie opache e trasparenti (Landerl et al., 2013; Ramus, Marshall, Rosen e van der Lely, 2013). Sebbene i deficit siano più pronunciati nelle misure di elaborazione fonologica, altri studi suggeriscono che le persone con dislessia hanno anche debolezze in altri domini neurocognitivi.

La compromissione delle funzioni esecutive è presente nei disturbi del neurosviluppo, sebbene profili distinti emergano da vari aspetti delle funzioni esecutive (Willcutt et al., 2008). Molti studi hanno dimostrato che i bambini con dislessia mostrano debolezze su una serie di misure delle funzioni esecutive (Moura, Simões e Pereira, 2014b; Reiter, Tucha e Lange, 2005; Varvara, Varuzza, Sorrentino, Vicari e Menghini, 2014), che non sono semplicemente la conseguenza secondaria di un deficit in un altro settore (Willcutt et al., 2008). Le attuali concettualizzazioni supportano l'idea di una rete fronto-parietale che sostiene i processi esecutivi, il che è rilevante alla luce delle recenti scoperte in merito al coinvolgimento delle aree frontali e parietali nella dislessia (Bloom, Garcia-Barrera, Miller, Miller, & Hynd, 2013; Boets et al., 2013). Lo sviluppo della lettura richiede il coordinamento di molti aspetti cognitivi; pertanto, non sorprende che le capacità di lettura precoce (Foy &

Mann, 2013), di comprensione della lettura (Borella & de Ribaupierre, 2014; Sesma Mahone, Levine, Eason, & Cutting, 2009) e decodifica della lettura (Altemeier et al., 2008; Bental e Tirosh, 2007) siano associati a specifici processi esecutivi, in particolare memoria di lavoro, inibizione e shifting (Moura et al., 2014).

Il presente studio si è concentrato su uno specifico aspetto del controllo cognitivo, vale a dire la flessibilità cognitiva che si riferisce alla capacità del sistema cognitivo di attivare e modificare dinamicamente i processi cognitivi in risposta a richieste di attività mutevoli e fattori di contesto (Dea'k, 2003). Si verifica l'adattamento cognitivo attraverso una serie di processi che danno luogo a rappresentazioni e azioni appropriate alle richieste di attività e al contesto. Abbiamo esaminato questo costrutto, specificatamente il set-shifting, confrontando un gruppo di campione a sviluppo tipico e un gruppo con diagnosi di dislessia. La dislessia è stata, per lo più, correlata a deficit nella memoria di lavoro (Smith-Spark & Fisk, 2007; Swanson, Ashbaker, & Lee, 1996) e talvolta con problemi nello spostamento dell'attenzione (Badcock, Hogben e Fletcher, 2008) e ci sono pochi studi che hanno indagato l'abilità di set-shifting. Una recente metanalisi ha evidenziato che lo shifting è significativamente correlato alle prestazioni dei bambini sia in lettura che in matematica (Yeniad, Malda, Mesman, van Ijzendoorn e Pieper, 2013). Mentre alcuni studi hanno osservato che i bambini con dislessia hanno difficoltà a svolgere compiti che si basano sullo shifting (Helland & Asbjørnsen, 2000; Horowitz-Kraus, 2012; Menghini et al., 2010), altri non hanno trovato differenze significative tra i bambini con dislessia e bambini a sviluppo tipico (Bental & Tirosh, 2007; Reiter et al., 2005). Ad esempio, Poljac et al. (2010) in un noto studio hanno osservato una prestazione deficitaria in un paradigma di shifting in partecipanti dai 12 ai 18 anni con dislessia rispetto ai normolettori della stessa età e a studenti con disturbo dello spettro autistico. Nel compito utilizzato, i partecipanti vedevano sullo schermo quattro figure geometriche (quadrato, triangolo, cerchio, esagono) in differenti colori (rosso, blu, giallo o



verde). Nella parte superiore dello schermo compariva una figura di riferimento che doveva essere associata, tramite la pressione di un tasto, per colore o forma a una delle quattro. Al partecipante veniva dato un *cue* esplicito (“trova il colore” o “trova la forma”) prima di iniziare il compito. I bambini con dislessia hanno manifestato un significativo costo di shifting in termini di tempi di risposta, rispetto non solo ai normolettori ma anche ai bambini con autismo. In linea col suddetto studio, altri studi in letteratura sulla dislessia hanno fornito alcune prove della fragilità nell’abilità di set-shifting (Brosnan et al., 2002; Helland & Asbjørnsen, 2000). In un altro studio, tuttavia, Stoet, Markey e Lo’pez (2007) non hanno ottenuto questi stessi risultati in un gruppo di studenti universitari con dislessia in un compito di shifting. Il costo medio di shifting di 175 ms non è risultato significativamente differente dal costo medio di shifting di 145 ms osservato nel gruppo di controllo. Questo dato è congruente con l’evidenza riportata da alcuni studi di uno shifting cognitivo nella norma nei bambini dagli 11 ai 14 anni con dislessia, i quali non manifestano un numero significativamente maggiore di errori perseverativi al WCST rispetto ai controlli (Helland e Asbjørnsen, 2000). Questo risultato è stato osservato anche da Fisher et al. (1997). Peggiori prestazioni al WCST rispetto ai pari sono state osservate però nel gruppo di bambini con dislessia e deficit nel linguaggio recettivo (Helland e Asbjørnsen, 2000). Menghini et al. (2010), in uno studio in cui hanno indagato la complessità dei deficit neurocognitivi nella dislessia evolutiva, hanno riscontrato una prestazione peggiore in un compito di fluenza verbale che consisteva nella generazione di parole sulla base di categorie semantiche in bambini e adolescenti con difficoltà di lettura, ma una prestazione comparabile ai normolettori per quanto riguarda il numero di errori di perseverazione al WCST. Reiter et al. (2005) hanno visto che i bambini con dislessia sono tendenzialmente più lenti nel completare la parte B del Trail Making Test rispetto ai normolettori della stessa età, e spesso compiono anche un maggior numero di errori, tuttavia, questa differenza tra i due gruppi non

è significativa. Non emergono invece differenze nella parte A dello stesso test (Reiter et al., 2005). Più recentemente, Moura et al. (2015) hanno osservato differenze significative tra bambini e preadolescenti normolettori e dislessici nell'abilità di shifting misurata con il TMT. In uno studio di Shareef et al., (2019) è stato ancora una volta evidenziato come il compito di fluenza verbale sia più difficoltoso in persone con dislessia (Mielnik et al., 2015), tuttavia, solo nella fluenza fonemica e non fluenza semantica (Spark-Smith et al., 2017).

### **3.2 Obiettivi e ipotesi**

La flessibilità cognitiva e il set-shifting hanno un ruolo fondamentale sugli apprendimenti e sul funzionamento quotidiano. La letteratura sembra indicare che ci sia una minore efficienza delle FE esecutive nei partecipanti con dislessia evolutiva. Il presente studio ha come obiettivo il confronto della prestazione ottenuta nei subtest di fluenza verbale alternata, creato e standardizzato da Costa et al., (2014) tra preadolescenti e adolescenti con dislessia e preadolescenti e adolescenti a sviluppo tipico. Inoltre, si vuole indagare l'esistenza di una correlazione tra i subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA e l'indice di shifting) e le abilità di lettura, e tra i subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA e l'indice di shifting) e il TMT (B-A)

### **3.3 Metodo**

#### *3.3.1 Partecipanti*

Il campione comprende 141 preadolescenti e adolescenti italiani (nord, centro e sud Italia), di età compresa tra i 10.92 anni e i 17.92 anni. Nel campione sono presenti 72 preadolescenti e adolescenti con diagnosi di dislessia evolutiva conforme ai criteri dell'ICD-10 (OMS, 2007) e del Panel di Aggiornamento e Revisione della Consensus Conference (PARCC, 2011), nella maggior parte dei casi in comorbidità con altri disturbi specifici

dell'apprendimento (disortografia e/o discalculia e/o disgrafia). Ai fini delle analisi statistiche dei dati, i 141 preadolescenti e adolescenti sono stati suddivisi in 2 sottogruppi:

- *Gruppo ST*: 69 ragazzi a sviluppo tipico con un'età cronologica compresa tra gli 11.08 anni e i 17.92 anni (media età = 14.85 anni, DS = 2.07); 18 maschi (26.1%), 51 femmine (73.9%).

In questo gruppo 27 ragazzi (39.1%) frequentano la scuola secondaria di primo grado, 18 (26.1%) il biennio della scuola secondaria di secondo grado e 24 (34.8%) il triennio della scuola secondaria di secondo grado.

- *Gruppo DE*: 72 ragazzi con diagnosi di dislessia con un'età cronologica compresa tra i 11.92 anni e i 17.83 anni (media età = 14.76 anni, DS = 2.15); 32 maschi (44.4%), 40 femmine (55.6%). Di questi 30 (41.7%) ragazzi frequentano la scuola secondaria di primo grado, 14 (19.4%) il biennio della scuola secondaria di secondo grado e 28 (38.9%) il triennio della scuola secondaria di secondo grado.

I due gruppi differiscono significativamente per sesso [ $\chi^2(1, N=141) = 5.19, p = .034$ ] ma non per età [ $t(141) = -0.250, p = .80$ ].

Il progetto è stato condotto in conformità con la Dichiarazione di Helsinki del 1964. La ricerca è stata presentata inizialmente ai dirigenti scolastici e successivamente agli insegnanti referenti per i DSA, i quali hanno informato i docenti e i genitori, distribuendo i moduli del consenso informato per la partecipazione allo studio. La somministrazione dei test è stata effettuata all'interno delle scuole durante l'orario scolastico curricolare, previo accordo con i dirigenti scolastici e i docenti coinvolti, e ha riguardato solo gli studenti per i quali i genitori hanno espresso preventivamente il proprio consenso scritto, attraverso la compilazione di un modulo per il consenso informato che prevede la descrizione dello studio, la richiesta di partecipazione alla ricerca e una parte informativa sul trattamento dei dati e la tutela dell'anonimato, nel rispetto delle norme vigenti in materia di privacy. I bambini e i ragazzi dei quali i consensi informati presentavano la firma di uno solo dei due genitori sono stati

esclusi dalla ricerca. Per non operare discriminazioni all'interno degli istituti scolastici, la partecipazione è stata estesa a tutti gli alunni delle classi selezionate, tuttavia, a fini delle analisi dei dati sono stati esclusi:

- gli studenti stranieri, con difficoltà di espressione linguistica in italiano, o in una condizione di recente immigrazione, dato che per tutti i test, a parte la prova di intelligenza non verbale (SPM), è coinvolta la componente linguistica;
- gli studenti tutelati dalla legge 104/92 e/o con un punteggio inferiore al 30° percentile al test SPM, che corrisponde a un QI di 85;
- gli studenti senza diagnosi di dislessia che hanno, tuttavia, riportato punteggi significativamente al di sotto della norma, in rapporto alla classe frequentata (< 5° percentile per l'accuratezza, e < 2DS per la velocità), in almeno due parametri delle prove di lettura somministrate, in accordo con i criteri del PARCC (2011);
- gli studenti con diagnosi di DSA che non comprende la dislessia evolutiva (es. solo discalculia e/o disgrafia), dato che la ricerca ha come focus lo studio del set-shifting nella dislessia.

### *3.3.2 Strumenti*

La descrizione degli strumenti è presentata nello studio 1. Per un approfondimento consultare la sezione strumenti di valutazione dello studio precedente.

### *3.3.3 Procedura*

La presentazione della procedura è presentata nello studio 1. Per un approfondimento consultare la sezione procedura dello studio precedente.

### 3.3.4 Analisi dei dati

Per le analisi statistiche è stato utilizzato il software SPSS 22.0 per Windows. Il disegno sperimentale prevede 2 gruppi, di cui uno a sviluppo tipico (ST) e uno formato da ragazzi con diagnosi di dislessia (DE). È stata effettuata un'analisi descrittiva dei gruppi (Tab.10), un'analisi della violazione delle assunzioni di normalità e omoschedasticità. Dal test di Kolmogorov-Smirnov emerge una distribuzione gaussiana per la variabile FF ( $p=.194$ ), FS ( $p=.440$ ), FA ( $p=.253$ ) e indice di shifting ( $p=.958$ ). Le assunzioni di normalità e omoschedasticità sono quindi rispettate per le variabili prese in considerazione e pertanto si è proceduto con l'ANOVA. Successivamente si è deciso di eseguire una serie di ANCOVA per il subtest FA e l'indice di shifting aventi come covariate i subtest FF e FS. Infine, sono stati utilizzati il test di Spearman e il test di Pearson per esaminare le correlazioni nel gruppo DE tra le diverse variabili indagate. I punteggi ottenuti nelle prove di lettura (DDE parole tempo, DDE parole errori, DDE non parole tempo) non hanno una distribuzione normale, per cui, quando sono state prese in considerazione queste variabili, è stata utilizzata una correlazione non parametrica. I valori di correlazione considerati sono quelli medi, per un valore uguale o maggiore di 0.3, e ampi, per un valore uguale o superiore a 0.5 (Field, 2018). Non sono stati presi in considerazione valori di correlazioni nulli o lievi ( $\tau = 0.1-0.29$ ), seppur significativi. Il livello di significatività considerato in questo studio è del  $p\text{-value} < 0.05$ .

## 3.4 Risultati

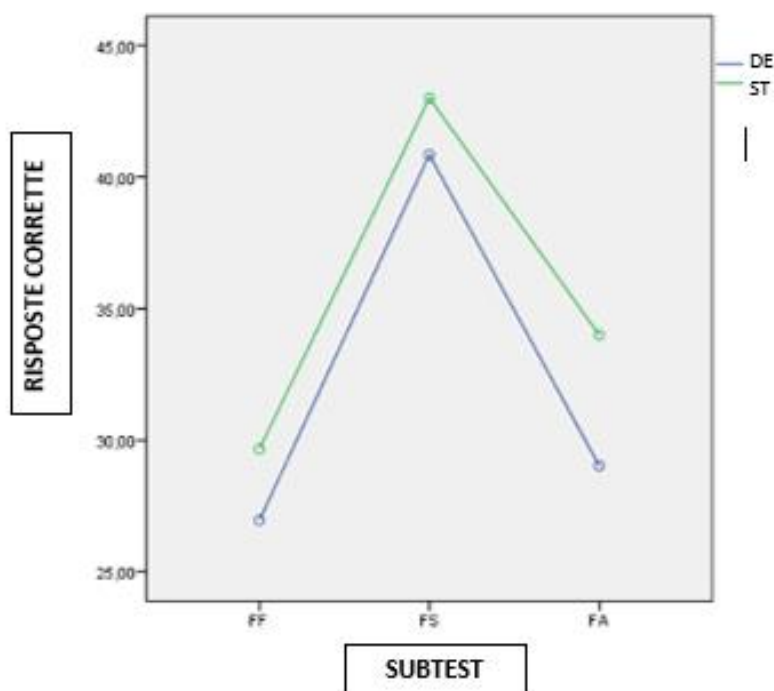
Prima di condurre le analisi, si è proceduto con l'analisi della violazione delle assunzioni tramite il test Kolmogorov-Smirnov e il test Levene. Sono stati analizzati i punteggi medi (Tab.7) ottenuti dai due gruppi di ragazzi confrontando le prestazioni tramite analisi della varianza (ANOVA) dei punteggi nei subtest FF, FS, FA e nell'indice di shifting.

Tab. 7 Media, minimo e massimo, e deviazione standard dei subtest FF, FS, FA e Indice di shifting del gruppo ST e DE

		<b><i>FF</i></b>	<b><i>FS</i></b>	<b><i>FA</i></b>	<b><i>Indice di Shifting</i></b>
<b><i>DE</i></b>	<i>N</i>	72	72	72	72
	<i>Media</i>	26.95	40.84	29.02	0.86
	<i>Minimo</i>	8	20	10	0.34
	<i>Massimo</i>	39	58	42	1.28
	<i>Dev.Stand.</i>	6.96	7.78	6.87	0.18
<b><i>ST</i></b>	<i>N</i>	69	69	69	69
	<i>Media</i>	29.66	43	34	0.93
	<i>Minimo</i>	14	19	14	0.54
	<i>Massimo</i>	51	61	60	1.39
	<i>Dev.Stand.</i>	8.44	7.85	9.43	0.19

I risultati presentavano delle differenze significative tra i due gruppi nel subtest FF [ $F(1,141)= 4.33$ ;  $p=.039$ ;  $d=.40$ ] e nel subtest FA [ $F(1,141)=12,87$ ;  $p<.001$ ;  $d=.60$ ], e nell'indice di shifting [ $F(1,141)=4.03$ ;  $p=.047$ ;  $d=.40$ ] ma non nel subtest FS [ $F(1,141)=2.67$ ;  $p=.104$ ;  $d=.28$ ]. Le analisi hanno mostrato che il punteggio del gruppo DE è significativamente inferiore ( $p=.039$ ) al punteggio del gruppo ST nel subtest FF. Il punteggio del gruppo DE è significativamente inferiore al punteggio ( $p<.001$ ) del gruppo ST nel subtest FA. Il punteggio del gruppo DE è significativamente inferiore ( $p=.047$ ) al punteggio del gruppo ST nell'indice di shifting. L'ANOVA ha mostrato che ci sono delle significatività anche nel fattore entro i soggetti [ $F(1,141)=1288.69$ ;  $p<.001$ ; eta quadro parziale  $\eta^2=.903$ ]. All'interno del gruppo DE, infatti, la prestazione nel subtest FA è significativamente inferiore rispetto a quella del subtest FS e significativamente superiore di quella del subtest FF. (Fig. 2).

Fig. 2 Medie di risposte corrette nel subtest FF, FS e FA nei gruppi DE e ST



Dopo aver verificato l'assunzione di omogeneità delle rette di regressione abbiamo proceduto con la prima ANCOVA (variabile indipendente: gruppo; variabile dipendente: FA). I risultati evidenziano un effetto significativo della covariata FF che ha un impatto pari a .554 ( $p < .001$ ) ed un effetto significativo della covariata FS che ha un impatto pari a .474 ( $p < .001$ ). Nella seconda ANCOVA (variabile indipendente: gruppo; variabile dipendente: indice di shifting) i risultati, inoltre, non evidenziano un effetto significativo né della covariata FF e né della covariata FS.

Nel gruppo DE non si rilevano correlazioni statisticamente significative tra il subtest FF e il numero di errori nella lettura. Il subtest FF mostra una correlazione forte con la velocità di lettura nel brano e una correlazione media con la velocità di lettura delle parole e delle non parole (Tab. 8). Il subtest FS mostra delle correlazioni medie con la velocità di lettura delle parole, delle non parole e del brano ma nessuna correlazione con il numero di errori nella

lettura (Tab. 8). Nel gruppo DE non si rilevano correlazioni di rilevanza statistica tra il subtest FA e le competenze nella lettura espressa in velocità e nel numero di errori (Tab. 8).

Tab. 8 Correlazioni di Spearman tra i subtest FF, FS, FA e l'Indice di shifting, e la velocità e gli errori di lettura di parole, non parole e brano nel gruppo DE

		Parole tempo	Parole errori	Non parole tempo	Non parole errori	Brano sill/sec	Brano errori
FF	<i>rs</i>	<b>-.449*</b>	-.239	<b>-.482*</b>	-.246	<b>.567**</b>	-.154
FS	<i>rs</i>	<b>-.410*</b>	-.124	<b>-.361*</b>	-.101	<b>.440*</b>	-.035
FA	<i>rs</i>	-.248	-.040	-.297	-.184	.251	-.043
Indice di Shifting	<i>rs</i>	.125	.150	-.060	-.021	-.186	-.051

\*p<.05; \*\*p<.001

I punteggi del TMT B-A hanno una distribuzione gaussiana per cui è stata utilizzata una correlazione parametrica, ovvero il coefficiente *r* di Pearson. Il subtest della fluenza verbale che correla, in modo negativo, con il TMT (B-A) è il subtest FA, mentre non correlano il subtest FF, FS e neanche l'indice di shifting. (Tab.9)

Tab. 9 Correlazioni di Pearson tra il TMT(B-A) e i subtest di FF, FS, FA e Indice di shifting

		FF	FS	FA	Indice di shifting
TMT (B-A)	<i>r</i>	-.170	-.296*	<b>-.386**</b>	-.245

\*p<.05; \*\*p<.001



### 3.5 Discussione

Dal confronto tra i due gruppi si osservano punteggi più bassi nel gruppo di ragazzi con dislessia, rispetto ai normo-lettori. Risulta dunque evidente la difficoltà dei soggetti con dislessia, rispetto ai normolettori, in prove di fluenza verbale e di set-shifting. Più nello specifico, la prestazione dei ragazzi con dislessia appare significativamente inferiore nelle due prove di fluenza fonemica ed alternata. La bassa prestazione dei ragazzi con dislessia nei due subtest FF e FA va a sostegno della nostra ipotesi di partenza secondo la quale preadolescenti e adolescenti con dislessia avrebbero maggiori fragilità nel set-shifting, rappresentato dal subtest FA, rispetto ai pari normo-lettori, e appare confermare i pochi studi presenti in letteratura che recentemente avanzano l'ipotesi circa il coinvolgimento della FE di set-shifting nella dislessia (Reiter et al., 2005; Boothet al., 2010; Varvara et al., 2014; Moura e collaboratori, 2015). In un'interpretazione più globale, è possibile, inoltre, che la caduta nel subtest FF e nel subtest FA rifletta in entrambi i casi anche la difficoltà di recupero fonologico rapido. I risultati sono in linea con quelli ottenuti da precedenti studi che hanno osservato delle differenze nella fluenza fonemica (Moura et al., 2015; Reiter et al., 2005; Varvara et al., 2014; Smith- Park et al., 2017) e non hanno osservato delle differenze nella fluenza semantica tra normolettori e dislessici in adolescenza (Mielnik et al., 2015) e in età adulta (Smith-Spark et al., 2017). Tuttavia, i dati emersi, si discostano da quelli osservati in precedenti ricerche che hanno riportato delle differenze nella fluenza semantica (Menghini et al., 2010; Moura et al., 2015; Reiter et al., 2005; Varvara et al., 2014).

È stata osservata una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi nell'indice di shifting. L'indice di shifting è in grado di catturare il costo che il ragazzo paga nel passaggio dal compito di fluenza singolo (fonemico o semantico) al compito di set-shifting dando un riscontro ancora più puntuale sull'abilità di shifting attraverso la seguente formula:  $\text{punteggio FA} / [\text{punteggio FF} + \text{punteggio FS}] / 2$ .

I risultati ottenuti sono stati analizzati nuovamente con multivariate al fine di valutare quanto le differenze fra il gruppo DE e il gruppo ST rimangano nel subtest FA e nell'indice di set-shifting covariando i punteggi del subtest FF e FS. L'ANCOVA evidenzia che parte dell'effetto trovato tra i due gruppi nel subtest FA è influenzata sia dalla variabile gruppo (DE e ST) che dalla prestazione ottenuta nei subtest FF e FS. Invece, nell'indice di shifting l'effetto trovato è attribuibile completamente alla presenza o assenza di dislessia. In sintesi, i dati della nostra ricerca, suggeriscono che i ragazzi con adeguate abilità di lettura abbiano migliori abilità di fluency verbale alternata, rispetto ai ragazzi che presentano dislessia ma che questa prestazione sia influenzata anche dalla performance ottenuta nella fluency semantica e fonemica. Mentre, per quanto riguarda l'indice di shifting, i ragazzi con dislessia ottengono punteggi inferiori rispetto ai normolettori e questa differenza non sembra essere influenzata dalla prestazione ottenuta nei subtest FF e FS.

All'interno del gruppo DE la prestazione nel subtest FA è significativamente inferiore rispetto a quella del subtest FS e significativamente superiore di quella del subtest FF. Questo dato che riprende il trend osservato nello studio 1 sullo sviluppo tipico sembra suggerire che il subtest FA è un compito che compensa il costo dello shifting nel passare da una categoria all'altra con la possibilità di usare anche categorie semantiche che risultano sempre più semplici di quelle fonemiche.

Per quanto riguarda il campione DE, esiste una correlazione tra la velocità di lettura e i subtest FF e FS mentre non c'è correlazione tra abilità di lettura e il subtest FA. Sebbene ci sia un background teorico meno forte per un collegamento tra capacità di shifting e prestazioni di lettura, i risultati presenti in letteratura sono contrastanti e mentre diversi studi che hanno esaminato questa associazione, riportano risultati significativi (Latzman, Elkovitch, Young, & Clark, 2010; Van der Sluis et al., 2007), altri non mostrano alcuna relazione tra le due variabili (Mayes et al., 2009; McLean & Hitch, 1999). Questo dato,

differentemente dallo STUDIO 1 in cui emergeva una correlazione tra prove di lettura e subtest FA, può significare che l'abilità di shifting nei buoni lettori svolga il ruolo di previsione della velocità nella lettura favorendo l'accesso lessicale e che, invece, per quanto riguarda i dislessici che hanno un basso punteggio nel set-shifting, non predica una performance peggiore nella lettura. Alcuni studi che hanno cercato di indagare gli effetti sulla lettura derivanti da training mirati a potenziare le funzioni esecutive, ad esempio, hanno sottolineato come questi effetti possano essere generalizzati solo se il training coinvolge processi esecutivi di ordine generale, piuttosto che componenti di base o strategie specifiche (Lustig et al., 2009; Noack et al., 2009).

Il subtest FA di Costa et al. (2014) correla significativamente con il TMT (B-A) ma quest'ultimo, come nello STUDIO 1, non correla con l'indice di shifting, tale dato sottolinea ancora una volta la differenza tra i due indici e i due tipi di test.

Le evidenze ottenute dagli studi svolti sulle funzioni esecutive indicano che la valutazione clinica di quest'ultime dovrebbe essere solo una routine nella valutazione neuropsicologica e nel processo decisionale e dovrebbe essere considerata nel contesto di una valutazione più completa che includa altre misure, come la consapevolezza fonologica, la denominazione rapida, la memoria di lavoro, la lettura e le misure ortografiche.

#### 4. CONCLUSIONI GENERALI

La nostra ricerca è di forte interesse perché sottolinea la necessità di valutare sistematicamente le FE nei disturbi del neurosviluppo e suggerisce una nuova prova per una componente di FE, l'auto-shifting, importante per molti compiti di apprendimento e adattamento. Tra le funzioni esecutive, la capacità di set-shifting rappresenta la capacità di programmare le risposte in modo rapido e flessibile durante l'esecuzione di un compito (Best et al., 2009). Nella nostra ricerca sono state valutate tre abilità: fluenza fonemica, fluenza semantica e fluenza alternata. Al fine di ottenere una migliore comprensione di come si sviluppa il set-shifting abbiamo confrontato direttamente diverse fasce di età.

I risultati ottenuti suggeriscono che il set-shifting continua a migliorare durante l'età evolutiva ma il suo trend non è lineare, infatti, mentre nel subtest FF le differenze fra le diverse età sono costanti, nel subtest FS e ancor più nel subtest FA si osserva un maggior svantaggio nella scuola primaria rispetto alla scuola secondaria di primo e secondo grado. Emergono, inoltre, delle differenze tra ragazzi a sviluppo tipico e ragazzi con dislessia evolutiva nella capacità di set-shifting, rappresentata nel nostro studio dal subtest di fluenza alternata in cui si richiede di cambiare rapidamente il set mentale alternando parole che seguano un criterio fonemico a parole che seguano un criterio semantico. I ragazzi con disturbo specifico di lettura presentano una performance inferiore in questa abilità rispetto ai normolettori. Non sono state osservate, invece, differenze tra maschi e femmine nella flessibilità cognitiva.

In letteratura, il costo di shifting negli adulti e nei bambini più grandi è misurato tramite i tempi di reazione, sebbene anche l'accuratezza sia misurata. Al contrario, la principale variabile dipendente nei bambini in età prescolare è l'accuratezza. Inoltre, sebbene l'accuratezza sia valutata in termini di percentuale corretta o numero di errori nei bambini in

età prescolare e in età scolare, è spesso indicizzata come criterio di superamento / fallimento nei bambini in età prescolare. Per facilitare il confronto, sia l'accuratezza che le informazioni sui tempi di reazione dovrebbero essere raccolti in tutte le fasce d'età ove possibile. Le differenze sembrano in gran parte verificarsi perché gli adulti tendono a rallentare le loro prestazioni per evitare di commettere errori, mentre i bambini no. Pertanto, una possibilità di confrontare direttamente i bambini e gli adulti sulla stessa variabile dipendente sarebbe quella di limitare il tempo a disposizione degli adulti per rispondere (Cragg et al., 2012) ed è ciò che viene effettuato tramite il test di fluenza alternata utilizzato in questo studio.

In entrambi gli studi, quindi sia nello sviluppo tipico che nel gruppo con dislessia, la prestazione nel subtest FA risulta peggiore rispetto a quella del subtest FS e migliore rispetto a quella del subtest FF. Questo trend sembra indicare che il subtest FA sia un compito che bilancia il costo di shifting nel passaggio da una categoria all'altra con la possibilità di utilizzare abilità semantiche che risultano sempre più semplici di quelle fonemiche. Come precedentemente discusso, il test proposto potrebbe superare alcuni limiti dei test attualmente utilizzati in Italia. In effetti, alcuni degli strumenti di valutazione, come il TMT, coinvolgono in larga misura capacità motorie. Altri test, come il WCST, non consentono, invece, una misurazione "pura" dello shifting in quanto coinvolgono altri processi cognitivi (ad esempio memoria di lavoro, ragionamento astratto) (Costa et al., 2014).

Lo studio presenta alcuni limiti. In primis rispetto al campione, considerando che si è coperto un ampio *range* di età nel secondo studio, dagli 11 ai 17 anni, è necessario incrementare la numerosità di partecipanti per ogni fascia d'età. Inoltre, in entrambi gli studi, i campioni sono costituiti prevalentemente da partecipanti di sesso femminile e sarebbe interessante analizzare i risultati di gruppi bilanciati per quanto riguarda sia la variabile sesso, soprattutto in considerazione della distribuzione M:F nella dislessia, che per livello di istruzione genitoriale. Sarebbe utile, inoltre, indagare l'abilità di set-shifting dividendo il campione di

partecipanti con dislessia secondo il grado di severità (lieve, medio e grave) e valutare le differenze nella prestazione relativa al subtest di fluenza verbale (FF, FS, FA e indice di shifting). Inoltre, a livello teorico, la fluenza verbale potrebbe non essere un indice così attendibile di flessibilità cognitiva, in quanto coinvolge in modo importante il linguaggio e altre funzioni cognitive come la velocità di elaborazione, la memoria e l'inibizione. Gustavson et al. (2019) hanno osservato che la fluenza verbale (fonemica e semantica) negli adolescenti è correlata significativamente non solo allo *shifting*, ma anche all'*updating* e al fattore comune delle FE. Per cui sembra un compito esecutivo non specifico per la valutazione della flessibilità cognitiva. Tuttavia, il subtest di fluenza alternata e il calcolo dell'indice di shifting proposti da Costa et al. (2014) potrebbero superare questo limite e migliorare la capacità di valutazione dello *shifting* attraverso un test completo di fluenza verbale, di facile e veloce somministrazione, caratteristiche importanti per l'uso clinico. Sarebbe utile, per valutare la validità di costrutto, somministrare in futuro altri test che indagano le funzioni esecutive. Il nostro studio ha permesso di ampliare la letteratura relativa all'abilità di set-shifting in età evolutiva anche in relazione ad altre abilità come quella di lettura. È importante e necessario effettuare indagini più accurate dei profili neuropsicologici dei soggetti in età evolutiva con e senza disturbi dell'apprendimento. Nella pratica clinica, spesso, le funzioni esecutive non sono valutate, anche se dalla letteratura si evince la loro importanza per il funzionamento quotidiano, a livello scolastico ed emotivo-relazionale. Costituirebbe, quindi, un punto di forza avere informazioni sullo stato di queste capacità, per poi effettuare un intervento su di esse, quando necessario, al fine di prevenire, potenziare le competenze più compromesse e garantire il benessere psicologico dei bambini, preadolescenti, adolescenti e delle loro famiglie. In altre parole, la conoscenza del profilo cognitivo in soggetti con DSA, oltre a fornire un'utile indicazione diagnostica, fornisce la possibilità di individuare le abilità da utilizzare come canale privilegiato per

l'apprendimento, e dunque si rivela utilissimo nella definizione di efficaci strategie di apprendimento.

## 5. APPENDICE

CODICE \_\_\_\_\_

DATA SOMMINISTRAZIONE \_\_\_\_\_

DATA DI

NASCITA \_\_\_\_\_ ETA' \_\_\_\_\_

SCOLARITA' \_\_\_\_\_

### FLUENZA FONEMICA

F	A	S
1 _____	1 _____	1 _____
2 _____	2 _____	2 _____
3 _____	3 _____	3 _____
4 _____	4 _____	4 _____
5 _____	5 _____	5 _____
6 _____	6 _____	6 _____
7 _____	7 _____	7 _____
8 _____	8 _____	8 _____
9 _____	9 _____	9 _____
10 _____	10 _____	10 _____
11 _____	11 _____	11 _____
12 _____	12 _____	12 _____
13 _____	13 _____	13 _____
14 _____	14 _____	14 _____
15 _____	15 _____	15 _____
16 _____	16 _____	16 _____
17 _____	17 _____	17 _____
18 _____	18 _____	18 _____
19 _____	19 _____	19 _____
20 _____	20 _____	20 _____
21 _____	21 _____	21 _____
22 _____	22 _____	22 _____
23 _____	23 _____	23 _____
24 _____	24 _____	24 _____
25 _____	25 _____	25 _____
26 _____	26 _____	26 _____
27 _____	27 _____	27 _____
28 _____	28 _____	28 _____



# FLUENZA SEMANTICA

COLORI	ANIMALI	FRUTTA
1 _____	1 _____	1 _____
2 _____	2 _____	2 _____
3 _____	3 _____	3 _____
4 _____	4 _____	4 _____
5 _____	5 _____	5 _____
6 _____	6 _____	6 _____
7 _____	7 _____	7 _____
8 _____	8 _____	8 _____
9 _____	9 _____	9 _____
10 _____	10 _____	10 _____
11 _____	11 _____	11 _____
12 _____	12 _____	12 _____
13 _____	13 _____	13 _____
14 _____	14 _____	14 _____
15 _____	15 _____	15 _____
16 _____	16 _____	16 _____
17 _____	17 _____	17 _____
18 _____	18 _____	18 _____
19 _____	19 _____	19 _____
20 _____	20 _____	20 _____
21 _____	21 _____	21 _____
22 _____	22 _____	22 _____
23 _____	23 _____	23 _____
24 _____	24 _____	24 _____
25 _____	25 _____	25 _____
26 _____	26 _____	26 _____
27 _____	27 _____	27 _____

## FLUENZA VERBALE ALTERNATA

Nome e Cognome \_\_\_\_\_

Età \_\_\_\_\_ Scolarità \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

## FLUENZA VERBALE ALTERNATA

*Costa et al. (2014)*

*Standardization and normative data obtained in the Italian population for a new verbal fluency instrument, the phonemic/semantic alternate fluency test. Neurol Sci., 35:365–372*

**Somministrazione:** chiedere al soggetto di dire tutte le parole che vengono in mente, continuamente alternando parole che iniziano con una determinata lettera dell'alfabeto e parole che fanno parte di una determinata categoria semantica. Non sono ammessi nomi propri (di persone e di città), parole derivate (es. arancia, arancione) e verbi coniugati diversamente (es. mangiare, mangio). Tutto il resto è accettabile: verbi, aggettivi, sostantivi, eccetera. Sono ammesse anche le risposte che il soggetto ha già fornito agli eventuali test di fluency verbale somministrati singolarmente in precedenza. Si inizia con la lettera F alternata con i colori. Far partire il cronometro e approvare ogni risposta esatta. Se il soggetto si interrompe anzitempo, lo si può incoraggiare a trovare altre parole.

**Punteggio:** è la somma delle parole corrette prodotte in 1 minuto per ogni coppia. Qualora siano stati somministrati anche i test di fluency semantica e fonemica singolarmente, è possibile calcolare l'indice di shifting, che indica il costo che il soggetto paga nello svolgere un compito di shifting rispetto allo svolgere un compito di semplice fluency verbale.

**Capacità indagate:** capacità di shifting extradimensionale.

## FLUENZA VERBALE ALTERNATA:

P.G.: \_\_\_\_\_ P.C.: \_\_\_\_\_ P.E.: \_\_\_\_\_

## INDICE DI SHIFTING:

P.G.: Tot. parole f. alternata / ((tot. parole f. fonemica singola + f. semantica singola) / 2)

## FLUENZA VERBALE ALTERNATA

Nome e Cognome \_\_\_\_\_

Età \_\_\_\_\_ Scolarità \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

A/ COLORI	F / ANIMALI	S / FRUTTA
1 _____	1 _____	1 _____
2 _____	2 _____	2 _____
3 _____	3 _____	3 _____
4 _____	4 _____	4 _____
5 _____	5 _____	5 _____
6 _____	6 _____	6 _____
7 _____	7 _____	7 _____
8 _____	8 _____	8 _____
9 _____	9 _____	9 _____
10 _____	10 _____	10 _____
11 _____	11 _____	11 _____
12 _____	12 _____	12 _____
13 _____	13 _____	13 _____
14 _____	14 _____	14 _____
15 _____	15 _____	15 _____
16 _____	16 _____	16 _____
17 _____	17 _____	17 _____
18 _____	18 _____	18 _____
19 _____	19 _____	19 _____
20 _____	20 _____	20 _____
21 _____	21 _____	21 _____
22 _____	22 _____	22 _____
23 _____	23 _____	23 _____
24 _____	24 _____	24 _____
25 _____	25 _____	25 _____
26 _____	26 _____	26 _____
27 _____	27 _____	27 _____
28 _____	28 _____	28 _____
29 _____	29 _____	29 _____
30 _____	30 _____	30 _____
31 _____	31 _____	31 _____
32 _____	32 _____	32 _____
33 _____	33 _____	33 _____

## BIBLIOGRAFIA

Achenbach, T. M., Dumenci, L., & Rescorla, L. A. (2001). Ratings of relations between DSM-IV diagnostic categories and items of the CBCL/6-18, TRF, and YSR. Burlington, VT: University of Vermont.

Agostino, A., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of Experimental Child Psychology*, 105(4), 286–305.

Agostino, A., Johnson, J., & Pascual-Leone, J. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of experimental child psychology*, 105(4), 286-305.

Albert, D., & Steinberg, L. (2011). Age differences in strategic planning as indexed by the Tower of London. *Child development*, 82(5), 1501-1517.

Allamanno, N., Della Sala, S., Laiacona, M., Pasetti, C., & Spinnler, H. (1987). Problem solving ability in aging and dementia: Normative data on a non-verbal test. *The Italian Journal of Neurological Sciences*, 8(2), 111-119.

Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child development*, 77(6), 1698-1716.

Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 30(5), 588-606.

Altemeier, L. E., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2008). Executive functions for reading and writing in typical literacy development and dyslexia. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 30(5), 588-606.

American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Arlington, VA: American Psychiatric Association.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child neuropsychology*, 8(2), 71-82.

Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Catroppa, C. (2001). Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Developmental neuropsychology*, 20(1), 385-406.

- Anderson, V. A., Anderson, P., Northam, E., Jacobs, R., & Mikiewicz, O. (2002). Relationships between cognitive and behavioral measures of executive function in children with brain disease. *Child Neuropsychology*, 8(4), 231-240.
- Andres, P., 2003. Frontal cortex as the central executive of working memory: 'time to revise our view. *Cortex* 39, 871–895.
- August, G. J., & Garfinkel, B. D. (1990). Comorbidity of ADHD and reading disability among clinic-referred children. *Journal of abnormal child psychology*, 18(1), 29-45.
- Badcock, N. A., Hogben, J. H., & Fletcher, J. F. (2008). No differential attentional blink in dyslexia after controlling for baseline sensitivity. *Vision Research*, 48(13), 1497-1502.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 49(1), 5-28.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in cognitive sciences*, 4(11), 417-423.
- Baddeley, A. D. (2002). Is working memory still working? *European psychologist*, 7(2), 85.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). Academic press.
- Baddeley, A., & Wilson, B. (1988). Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and cognition*, 7(2), 212-230.
- Baddeley, A., Logie, R., Bressi, S., Sala, S. D., & Spinnler, H. (1986). Dementia and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 38(4), 603-618.
- Badre, D. (2008). Cognitive control, hierarchy, and the rostro-caudal organization of the frontal lobes. *Trends in cognitive sciences*, 12(5), 193-200.
- Ballerini, A., Barale, F., Gallese, V., & Ucelli, S. (2006). *Autismo: l'umanità nascosta*. Einaudi.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioral inhibition, sustained attention, and executive functions: constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological bulletin*, 121(1), 65.
- Barkley, R. A. (2006). The relevance of the still lectures to attention-deficit/hyperactivity disorder: a commentary. *Journal of Attention Disorders*, 10(2), 137-140.
- Belacchi, C., Scalisi, T. G., Cannoni, E., & Cornoldi, C. (2008). *CPM coloured progressive matrices: standardizzazione italiana: manuale*. Giunti OS.

Beneventi, H., Tønnessen, F. E., Ersland, L., & Hugdahl, K. (2010). Working memory deficit in dyslexia: behavioral and fMRI evidence. *International Journal of Neuroscience*, 120(1), 51-59.

Benso, F. (2007). Un modello di interazione tra il Sistema Attentivo Supervisore e sistemi specifici nei diversi apprendimenti. *Child Development & Disabilities*, 32(4), 39-52.

Benso, F. (2010). Sistema attentivo-esecutivo e lettura: un approccio neuropsicologico alla dislessia. *Il leone verde*.

Benso, F. (2012). Sistemi cerebrali centrali e apprendimenti: la pratica dell'arte marziale per la stimolazione delle funzioni cognitive superiori. In R. Travaglini (a cura di), *I processi formativi dell'aikidō. Sguardi su dinamiche e potenzialità*, 51-76. Pisa: Edizioni ETS

Bental, B., & Tirosh, E. (2007). The relationship between attention, executive functions and reading domain abilities in attention deficit hyperactivity disorder and reading disorder: A comparative study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(5), 455-463.

Bertelli, B., & Bilancia, G. (2007). VAUMeLF: batterie per la valutazione dell'attenzione uditiva e della memoria di lavoro fonologica in età evolutiva. *bollettino di psicologia applicata*, 252, 74.

Best, J. R., Miller, P. H., & Jones, L. L. (2009). Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental review*, 29(3), 180-200.

Bisiacchi, P. S., Cendron, M., Gugliotta, M., Tressoldi, P. E., & Vio, C. (2005). BVN 5-11: batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva. Trento: Centro studi Erickson.

Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663.

Blair, C., Knipe, H., & Gamson, D. (2008). Is there a role for executive functions in the development of mathematics ability? *Mind, Brain, and Education*, 2(2), 80-89.

Blair, C., Knipe, H., & Gamson, D. (2008). Is there a role for executive functions in the development of mathematics ability? *Mind, Brain, and Education*, 2 (2), 80-89.

Bloom, J. S., Garcia-Barrera, M. A., Miller, C. J., Miller, S. R., & Hynd, G. W. (2013). Planum temporale morphology in children with developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 51(9), 1684-1692.

- Boets, B., de Beeck, H. P. O., Vandermosten, M., Scott, S. K., Gillebert, C. R., Mantini, D., ... & Ghesquière, P. (2013). Intact but less accessible phonetic representations in adults with dyslexia. *Science*, 342(6163), 1251-1254.
- Boonstra, A. M., Oosterlaan, J., Sergeant, J. A., & Buitelaar, J. K. (2005). Executive functioning in adult ADHD: a meta-analytic review. *Psychological medicine*, 35(8), 1097-1108.
- Booth, J. N., Boyle, J. M., & Kelly, S. W. (2010). Do tasks make a difference? Accounting for heterogeneity of performance of children with reading difficulties on tasks of executive function: Findings from a meta-analysis. *British Journal of Developmental Psychology*, 28(1), 133-176.
- Borella, E., & De Ribaupierre, A. (2014). The role of working memory, inhibition, and processing speed in text comprehension in children. *Learning and Individual Differences*, 34, 86-92.
- Broadbent, D. (1958). E. (1958). Perception and communication.
- Brocki, K. C., & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental neuropsychology*, 26(2), 571-593.
- Bull, R., & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental neuropsychology*, 19(3), 273-293.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205–228.
- Bunge, S. A., Dudukovic, N. M., Thomason, M. E., Vaidya, C. J., & Gabrieli, J. D. E. (2002). Immature frontal lobe contributions to cognitive control in children: Evidence from fMRI. *Neuron*, 33, 301–311.
- Burgess, P. W., & Alderman, N. (2004). Executive dysfunction. *Clinical neuropsychology: A practical guide to assessment and management for clinicians*, 185-209.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Evans, J., Emslie, H., & Wilson, B. A. (1998). The ecological validity of tests of executive function. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 547–558.
- Burgess, P. W., Alderman, N., Forbes, C., Costello, A., Coates, L. M., Dawson, D. R., Anderson, N. D., Gilbert, S. J., Duontheil, I., & Channon, S. (2006). The case for the development and use of "ecologically valid" measures of executive function in experimental

and clinical neuropsychology. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 12, 194–209.

Buss, A. T., & Spencer, J. P. (2014). The emergent executive: A dynamic field theory of the development of executive function. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 79(2), vii.

Carlson, S. M., & Moses, L. J. (2001). Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child development*, 72(4), 1032-1053.

Carter, C. S., & Van Veen, V. (2007). Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(4), 367-379.

Castellanos, F. X., Sonuga-Barke, E. J., Milham, M. P., & Tannock, R. (2006). Characterizing cognition in ADHD: beyond executive dysfunction. *Trends in cognitive sciences*, 10(3), 117-123.

Cattell, R. B., & Horn, J. L. (1978). A check on the theory of fluid and crystallized intelligence with description of new subtest designs. *Journal of Educational Measurement*, 15(3), 139-164.

Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. (2001). Changes in executive control across the life span: examination of task-switching performance. *Developmental psychology*, 37(5), 715.

Chaytor, N., Schmitter-Edgecombe, M., & Burr, R. (2006). Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Archives of clinical neuropsychology*, 21(3), 217-227.

Cianchetti, C., Corona, S., Foscoliano, M., Contu, D., & Sannio-Fancello, G. (2007). Modified Wisconsin Card Sorting Test (MCST, MWCST): Normative data in children 4–13 years old, according to classical and new types of scoring. *The Clinical Neuropsychologist*, 21(3), 456-478.

Cohen JR, Berkman ET, Lieberman MD. 2012. Ventrolateral PFC as a self-control muscle and how to use it without trying. *Oxford Handb. Frontal Lobe Funct.*

Coltheart, M. (2005). Modeling reading: The dual-route approach. *The science of reading: A handbook*, 6-23.171-177.

Cornoldi, C. (Ed.). (2007). *Difficoltà e disturbi dell'apprendimento*. Il mulino.

Cornoldi, C., Baldi, A. P., & Giofrè, D. (2017). *Prove MT Avanzate-3-Clinica*.

Cornoldi, C., Carretti, B., & Colpo, C. (2017). *Prove MT-Kit Scuola. Dalla valutazione degli apprendimenti di lettura e comprensione al potenziamento*.



- Costa, A., Bagoj, E., Monaco, M., Zabberoni, S., De Rosa, S., Papantonio, A. M., ... & Carlesimo, G. A. (2014). Standardization and normative data obtained in the Italian population for a new verbal fluency instrument, the phonemic/semantic alternate fluency test. *Neurological Sciences*, 35(3), 365-372.
- Cragg, L., & Chevalier, N. (2012). The processes underlying flexibility in childhood. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(2), 209-232.
- Crone, E. A., Somsen, R. J., Zanolie, K., & Van der Molen, M. W. (2006). A heart rate analysis of developmental change in feedback processing and rule shifting from childhood to early adulthood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 95(2), 99-116.
- Dajani, D. R., Llabre, M. M., Nebel, M. B., Mostofsky, S. H., & Uddin, L. Q. (2016). Heterogeneity of executive functions among comorbid neurodevelopmental disorders. *Scientific reports*, 6, 36566.
- Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M., & Damasio, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264(5162), 1102-1105.
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C., & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037-2078.
- Dawson, P., & Guare, R. (2004). *Executive skills in children and adolescents: A practical guide to assessment and intervention*. New York: Guilford.
- De Luca, C. R., Wood, S. J., Anderson, V., Buchanan, J. A., Proffitt, T. M., Mahony, K., & Pantelis, C. (2003). Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 25(2), 242-254.
- Deak, G. O. (2003). The development of cognitive flexibility and language abilities. *Advances in child development and behavior*, 31, 273-328.
- Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell'Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G., & Dario, P. (2017). Educational Robotics intervention on Executive Functions in preschool children: A pilot study. *Computers in human behavior*, 71, 16-23.
- Diamond A, Lee K. 2011. Interventions and programs demonstrated to aid executive function development in children 4–12 years of age. *Science* 333:959–64
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168.

- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387–1388. <http://doi.org/10.1126/science.1151148>
- Duncan, J. (2001). An adaptive coding model of neural function in prefrontal cortex. *Nat. Rev. Neurosci.* 2, 820–829.
- Facoetti, A., Lorusso, M. L., Paganoni, P., Cattaneo, C., Galli, R., Umiltà, C., & Mascetti, G. G. (2003). Auditory and visual automatic attention deficits in developmental dyslexia. *Cognitive brain research*, 16(2), 185-191.
- Facoetti, A., Paganoni, P., & Lorusso, M. L. (2000). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Experimental Brain Research*, 132(4), 531-538.
- Field, A. (2017). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: North American edition*. Sage.
- Foy, J. G., & Mann, V. A. (2013). Executive function and early reading skills. *Reading and Writing*, 26(3), 453-472.
- Franceschini, S., Gori, S., Ruffino, M., Pedrolli, K., & Facoetti, A. (2012). A causal link between visual spatial attention and reading acquisition. *Current Biology*, 22(9), 814-819.
- Friedman NP, Miyake A. 2004. The relations among inhibition and interference control functions: a latentvariable analysis. *J. Exp. Psychol.: Gen.* 133:101–35
- Fuster, J. M. (2001). The prefrontal cortex—an update: time is of the essence. *Neuron*, 30(2), 319-333.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177.
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of learning disabilities*, 37(1), 4-15.
- Giedd, J. N. (2004). Structural magnetic resonance imaging of the adolescent brain. *Annals of the new york academy of sciences*, 1021(1), 77-85.
- Giedd, J. N., & Rapoport, J. L. (2010). Structural MRI of pediatric brain development: what have we learned and where are we going? *Neuron*, 67(5), 728-734.

- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., ... & Rapoport, J. L. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(21), 8174-8179.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. New York: Oxford University Press.
- Gronwall D. (1977) Paced auditory serial addition task: A measure of recovery from concussion. *Percept. Mor. Skills* 4, 367-37
- Hammill, D. D. (1990). On defining learning disabilities: An emerging consensus. *Journal of learning disabilities*, 23(2), 74-84.
- Hazin, I., Leite, G., Oliveira, R. M., Alencar, J. C., Fichman, H. C., Marques, P. D. N., & de Mello, C. B. (2016). Brazilian normative data on letter and category fluency tasks: effects of gender, age, and geopolitical region. *Frontiers in psychology*, 7, 684.
- Helland, T., & Asbjørnsen, A. (2000). Executive functions in dyslexia. *child Neuropsychology*, 6(1), 37-48.
- Hill, E. L. (2004). Executive dysfunction in autism. *Trends in cognitive sciences*, 8(1), 26-32.
- Horowitz-Kraus, T. (2012). Pinpointing the deficit in executive functions in teenage dyslexic readers: an ERP study using the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of Learning Disabilities*. Aug 18.
- Hughes, C. (1998). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British Journal of Developmental Psychology*, 16, 233–253.
- Hughes, C., Leboyer, M., & Bouvard, M. (1997). Executive function in parents of children with autism. *Psychological medicine*, 27(1), 209-220.
- Hughlings Jackson, J. (1884). Evolution and dissolution of the nervous system. *Selected writings of John Hughlings-Jackson*, 2, 45-75.
- Huizinga, M., & van der Molen, M. W. (2007). Age-group differences in set-switching and set-maintenance on the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental neuropsychology*, 31(2), 193-215.
- Huizinga, M., & van der Molen, M. W. (2007). Age-group differences in set-switching and set-maintenance on the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental neuropsychology*, 31(2), 193-215.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036.

Hurks, P. P. M., Hendriksen, J. G. M., Vles, J. S. H., Kalff, A. C., Feron, F. J. M., Kroes, M., ... & Jolles, J. (2004). Verbal fluency over time as a measure of automatic and controlled processing in children with ADHD. *Brain and cognition*, 55(3), 535-544.

Iavarone, A., Ronga, B., Pellegrino, L., Lore, E., Vitaliano, S., Galeone, F., & Carlomagno, S. (2004). The Frontal Assessment Battery (FAB): normative data from an Italian sample and performances of patients with Alzheimer's disease and frontotemporal dementia. *Functional neurology*, 19(3), 191-196.

Im-Bolter, N., Agostino, A., & Owens-Jaffray, K. (2016). Theory of mind in middle childhood and early adolescence: Different from before? *Journal of experimental child psychology*, 149, 98-115.

Kalkut, E. L., Han, S. D., Lansing, A. E., Holdnack, J. A., & Delis, D. C. (2009). Development of set-shifting ability from late childhood through early adulthood. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 24(6), 565-574.

Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: A developmental perspective on cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press

Kenworthy, L., Yerys, B. E., Anthony, L. G., & Wallace, G. L. (2008). Understanding executive control in autism spectrum disorders in the lab and in the real world. *Neuropsychology review*, 18(4), 320-338.

Kim, C., Cilles, S. E., Johnson, N. F., & Gold, B. T. (2012). Domain general and domain preferential brain regions associated with different types of task switching: A meta-analysis. *Human brain mapping*, 33(1), 130-142.

Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of experimental psychology*, 55(4), 352.

- Knight, R. T., & Stuss, D. T. (2002). Prefrontal cortex: The present and the future. *Principles of frontal lobe function*, 573-597.
- Koechlin, E., & Summerfield, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends in cognitive sciences*, 11(6), 229-235.
- Koechlin, E., Basso, G., Pietrini, P., Panzer, S., & Grafman, J. (1999). The role of the anterior prefrontal cortex in human cognition. *Nature*, 399(6732), 148.
- Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181-1185.
- Kongs, S. K., Thompson, L. L., Iverson, G. L., & Heaton, R. K. (2000). *Wisconsin Card Sorting Test-, 64 Card Version: WCST-64*. Lutz, FL: PAR.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2014). *NEPSY-II*. Pearson.
- Latzman, R. D., Elkovitch, N., Young, J., & Clark, L. A. (2010). The contribution of executive functioning to academic achievement among male adolescents. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 32(5), 455-462.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child development*, 84(6), 1933-1953.
- Lee, K., Bull, R., & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child development*, 84(6), 1933-1953.
- Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International journal of Psychology*, 17(1-4), 281-297.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Luciana, M., & Nelson, C. A. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four-to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36(3), 273-293.
- Luria, A. R. (1962). *Higher cortical functions in man*. Moscow: Moscow University Press.
- Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2003). A definition of dyslexia. *Annals of dyslexia*, 53(1), 1-14.
- Mammarella, I. C., Toso, C., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (2008). *BVS-Corsi. Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale. Con CD-ROM*. Edizioni Erickson.

Mammarella, I. C., Toso, C., Pazzaglia, F., & Cornoldi, C. (2008). BVS-Corsi. Batteria per la valutazione della memoria visiva e spaziale. Con CD-ROM. Edizioni Erickson.

Manly, T. I. H. R., Robertson, I. H., Anderson, V., & Nimmo-Smith, I. (1999). The test of everyday attention for children (TEA-Ch). Bury St Edmunds, UK: Thames Valley Test Company.

Marzocchi, G. M., Oosterlaan, J., Zuddas, A., Cavolina, P., Geurts, H., Redigolo, D., ... & Sergeant, J. A. (2008). Contrasting deficits on executive functions between ADHD and reading disabled children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(5), 543-552.

Marzocchi, G. M., Re, A. M., & Cornoldi, C. (2010). BIA. Batteria italiana per l'ADHD per la valutazione dei bambini con deficit di attenzione-iperattività. Con DVD e CD-ROM. Edizioni Erickson.

Marzocchi, G., Bongarzone, E., Cardani, S., & Valsesia, J. (2017). L'assessment neuropsicologico dell'adolescente con ADHD. In XXVI Congresso nazionale AIRIPA.

Mayes, S. D., Calhoun, S. L., Bixler, E. O., & Zimmerman, D. N. (2009). IQ and neuropsychological predictors of academic achievement. *Learning and Individual Differences*, 19(2), 238-241

McCabe, D. P., Roediger III, H. L., McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222.

McKenna, R., Rushe, T., & Woodcock, K. A. (2017). Informing the structure of executive function in children: a meta-analysis of functional neuroimaging data. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 154.

McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240-260.

McNab, F., & Klingberg, T. (2008). Prefrontal cortex and basal ganglia control access to working memory. *Nature neuroscience*, 11(1), 103.

Menghini, D., Carlesimo, G. A., Marotta, L., Finzi, A., & Vicari, S. (2010). Developmental dyslexia and explicit long-term memory. *Dyslexia*, 16(3), 213-225.

Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual review of neuroscience*, 24(1), 167-202.

Mischel W, Ayduk O. 2002. Self-regulation in a cognitive-affective personality system: attentional control in the service of the self. *Self-Identity* 1:113-20

- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current directions in psychological science*, 21(1), 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49-100.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H Caspi, A. (2011). A gradient of childhood selfcontrol predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. doi:10.1073/pnas.1010076108
- Monette, S., Bigras, M., & Lafrenière, M. A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergartners. *Journal of Experimental Child Psychology*, 140, 120–139
- Morgan, P. L., Farkas, G., Wang, Y., Hillemeier, M. M., Oh, Y., & Maczuga, S. (2019). Executive function deficits in kindergarten predict repeated academic difficulties across elementary school. *Early Childhood Research Quarterly*, 46, 20-32.
- Morra, S., Panesi, S., Traverso, L., & Usai, M. C. (2018). Which tasks measure what? Reflections on executive function development and a commentary on Podjarny, Kamawar, and Andrews (2017). *Journal of experimental child psychology*, 167, 246-258.
- Moscovitch M. e Umiltà C. (1990), *Modularity and neuropsychology*. In M. Schwartz (a cura di), *Modular processes in Alzheimer Disease*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B. E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in cognitive sciences*, 15(10), 453-459.
- Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing cognitive control: Three key transitions. *Current directions in psychological science*, 21(2), 71-77.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (1999). Developmental dyslexia: The role of the cerebellum 1. *Dyslexia*, 5(3), 155-177.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological bulletin*, 126(2), 220.
- Norman, D. A., & Shallice, T. (1986). Attention to action. In *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). Springer, Boston, MA.
- Orsini, A., & Picone, L. (2006). *WISC-III: Contributo alla taratura italiana*. Firenze: OS.

- Owen, A. M. 1997. The functional organization of working memory processes within human lateral frontal cortex: The contribution of functional neuroimaging. *Eur. J. Neurosci.* 9: 1329–1339
- Ozonoff, S., & Jensen, J. (1999). Brief report: Specific executive function profiles in three neurodevelopmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 29(2),
- Ozonoff, S., & Jensen, J. (1999). Brief report: Specific executive function profiles in three neurodevelopmental disorders. *Journal of autism and developmental disorders*, 29(2), 171-177.
- Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of child psychology and psychiatry*, 37(1), 51-87.
- Peterson, R. L., & Pennington, B. F. (2012). Developmental dyslexia. *The Lancet*, 379(9830), 1997-2007.
- Picone, L., Orsini, A., & Pezzuti, L. (2017). Raven's Standard Progressive Matrices: Contribution to Italian standardization for subjects between ages 6 and 18. *BPA-Applied Psychology Bulletin (Bollettino di Psicologia Applicata)*, 65(280).
- Rabbitt, P., 1997. Introduction: methodologies and models in the study of executive function. In: Rabbitt, P. (Ed.), *Methodology of Frontal and Executive Function*. Psychology Press, Hove, East Sussex, pp. 1–38.
- Ramus, F. (2006). Genes, brain, and cognition: A roadmap for the cognitive scientist. *Cognition*, 101(2), 247-269.
- Ramus, F., Marshall, C. R., Rosen, S., & van der Lely, H. K. (2013). Phonological deficits in specific language impairment and developmental dyslexia: towards a multidimensional model. *Brain*, 136(2), 630-645.
- Ramus, F., Pidgeon, E., & Frith, U. (2003). The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44(5), 712-722.
- Raven, J. R. J. C. (2008). Court, JH (1998). *Raven manual: Section 3. standard progressive matrices*.
- Raven, J.C., Court, J.H., & Raven, J. (1986). *Coloured Progressive Matrices*. London: H.K. Lewis & Co
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11(2), 116-131.
- Reiter, A., Tucha, O., & Lange, K. W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11(2), 116-131.



- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied neuropsychology*, 12(4), 190-201.
- Rothbart, M. K., Ellis, L. K., Rosario Rueda, M., & Posner, M. I. (2003). Developing mechanisms of temperamental effortful control. *Journal of personality*, 71(6), 1113-1144.
- Rushworth, M. F., & Behrens, T. E. (2008). Choice, uncertainty and value in prefrontal and cingulate cortex. *Nature neuroscience*, 11(4), 389.
- Sabbadini, L. (2013). La disprassia in età evolutiva. In *Disturbi specifici del linguaggio, disprassie e funzioni esecutive* (pp. 1-16). Springer, Milano.
- Sabbagh, M. A., Xu, F., Carlson, S. M., Moses, L. J., & Lee, K. (2006). The development of executive functioning and theory of mind: A comparison of Chinese and US preschoolers. *Psychological science*, 17(1), 74-81.
- Sartori, G., Job, R., & Tressoldi, P. E. (2007). DDE-2. Batteria per la valutazione della dislessia e della disortografia evolutiva (Battery for the assessment of developmental dyslexia and dysorthographia). Firenze: Giunti OS.
- Scarpa, P., Piazzini, A., Pesenti, G., Brovedani, P., Toraldo, A., Turner, K., ... & Canger, R. (2006). Italian neuropsychological instruments to assess memory, attention and frontal functions for developmental age. *Neurological Sciences*, 27(6), 381-396.
- Sergeant, J. A. (2005). Modeling attention-deficit/hyperactivity disorder: a critical appraisal of the cognitive-energetic model. *Biological psychiatry*, 57(11), 1248-1255.
- Sesma, H. W., Mahone, E. M., Levine, T., Eason, S. H., & Cutting, L. E. (2009). The contribution of executive skills to reading comprehension. *Child Neuropsychology*, 15(3), 232-246.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 298(1089), 199-209
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge University Press.
- Siegel, L. S., & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child development*, 973-980.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1997). Working memory: A view from neuroimaging. *Cognitive psychology*, 33(1), 5-42.
- Smith, E. E., & Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.

- Smith, R. N., Aleksic, J., Butano, D., Carr, A., Contrino, S., Hu, F., ... & Stepan, R. (2012). InterMine: a flexible data warehouse system for the integration and analysis of heterogeneous biological data. *Bioinformatics*, 28(23), 3163-3165.
- Smith-Park, J. H., Henry, L. A., Messer, D. J., Ziecik, A. P. (2017). Verbal and non-verbal fluency in adults with developmental dyslexia: phonological processing or executive control problems? *Dyslexia*, 23(3), 234-250.
- Smith-Spark, J. H., & Fisk, J. E. (2007). Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory*, 15(1), 34-56.
- Smith-Spark, J. H., Henry, L. A., Messer, D. J., Edvardsdottir, E., & Zięcik, A. P. (2016). Executive functions in adults with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 53, 323-341.
- Snowling, M. J. (2001). From language to reading and dyslexia 1. *Dyslexia*, 7(1), 37-46.
- Sohn, M.-H., Ursu, S., Anderson, J.R., Stenger, V.A., Carter, C.S., 2000. The role of prefrontal cortex and posterior parietal cortex in task switching. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 97, 13448–13453.
- Somsen, R. J. (2007). The development of attention regulation in the Wisconsin Card Sorting Task. *Developmental science*, 10(5), 664-680.
- Stedron, J. M., Sahni, S. D., & Munakata, Y. (2005). Common mechanisms for working memory and attention: The case of perseveration with visible solutions. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(4), 623-631.
- Stein, J. (2001). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, 7(1), 12-36.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological research*, 63(3-4), 289-298.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2007). Is there a dysexecutive syndrome?. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1481), 901-915.
- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual review of psychology*, 53(1), 401-433.
- Swan, D., & Goswami, U. (1997). Phonological awareness deficits in developmental dyslexia and the phonological representations hypothesis. *Journal of experimental child psychology*, 66(1), 18-41.

- Swanson, H. L., & Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of experimental child psychology*, 79(3), 294-321.
- Swanson, H. L., Ashbaker, M. H., & Lee, C. (1996). Learning-disabled readers' working memory as a function of processing demands. *Journal of Experimental Child Psychology*.
- Sylvester, C. Y. C., Wager, T. D., Lacey, S. C., Hernandez, L., Nichols, T. E., Smith, E. E., & Jonides, J. (2003). Switching attention and resolving interference: fMRI measures of executive functions. *Neuropsychologia*, 41(3), 357-370.
- Takács, Á., Kóbor, A., Tárnok, Z., & Csépe, V. (2014). Verbal fluency in children with ADHD: strategy using and temporal properties. *Child Neuropsychology*, 20(4), 415-429.
- Toffalini, E., Marsura, M., Garcia, R. B., & Cornoldi, C. (2019). A cross-modal working memory binding span deficit in reading disability. *Journal of learning disabilities*, 52(2), 99-108.
- Traverso, L., Viterbori, P., & Usai, M. C. (2015). Improving executive function in childhood: evaluation of a training intervention for 5-year-old children. *Frontiers in psychology*, 6, 525. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00525>
- Tressoldi, P. E., Vio, C., Gugliotta, M., Bisiacchi, P. S., & Cendron, M. (2005). BVN 5-11.: Batteria di valutazione neuropsicologica per l'età evolutiva. Con CD-ROM. Edizioni Erickson.
- Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L., & De Franchis, V. (2014). Latent structure of executive function in five- and six-year-old children: A longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(4), 447-462.
- Valagussa, S., & Marzocchi, G. (2008). Le Funzioni Esecutive in un gruppo di bambini con ADHD. In XVII congresso nazionale AIRIPA sui Disturbi dell'Apprendimento.
- Valeri, G., Stievano, P., Ferretti, M. L., Mariani, E., & Pieretti, M. (2015). BAFE: Batteria per l'Assessment delle Funzioni Esecutive.
- Van Cauwenberge, V., Sonuga-Barke, E. J., Hoppenbrouwers, K., Van Leeuwen, K., & Wiersema, J. R. (2015). "Turning down the heat": Is poor performance of children with ADHD on tasks tapping "hot" emotional regulation caused by deficits in "cool" executive functions? *Research in developmental disabilities*, 47, 199-207.
- Van den Wildenberg, W. P., & Van Der Molen, M. W. (2004). Developmental trends in simple and selective inhibition of compatible and incompatible responses. *Journal of experimental child psychology*, 87(3), 201-220.

- Van der Sluis, S., De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35(5), 427–449.
- Varvara, P., Varuzza, C., Padovano Sorrentino, A. C., Vicari, S., & Menghini, D. (2014). Executive functions in developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 120.
- Varvara, P., Varuzza, C., Padovano Sorrentino, A. C., Vicari, S., & Menghini, D. (2014). Executive functions in developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 120.
- Varvara, P., Varuzza, C., Padovano Sorrentino, A. C., Vicari, S., & Menghini, D. (2014). Executive functions in developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 8, 120.
- Veneroso, M. C., Di Somma, A., Soria, M., Ardu, E., & Benso, F. (2016). "Dalla teoria alla pratica": un progetto di didattica integrata. *Annali online della Didattica e della Formazione Docente*, 8(11), 123-133.
- Vicari, S. P. (2007). *Prove di Memoria e Apprendimento per l'Età Evolutiva*. Florence: Giunti OS.
- Vicari, S., & Di Vara, S. (2017). *Funzioni Esecutive e Disturbi dello Sviluppo*.
- Vidyasagar, T. R., & Pammer, K. (2010). Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends in cognitive sciences*, 14(2), 57-63.
- Vivanti, G. (2010). *La mente autistica: le risposte della ricerca scientifica al mistero dell'autismo*. Omega Ed.
- Vriezen, E. R., & Pigott, S. E. (2002). The relationship between parental report on the BRIEF and performance-based measures of executive function in children with moderate to severe traumatic brain injury. *Child Neuropsychology*, 8(4), 296-303.
- Waber, D. P., Gerber, E. B., Turcios, V. Y., Wagner, E. R., & Forbes, P. W. (2006). Executive functions and performance on high-stakes testing in children from urban schools. *Developmental Neuropsychology*, 29(3), 459-477.
- Wais, P. E., & Gazzaley, A. (2011). The impact of auditory distraction on retrieval of visual memories. *Psychonomic bulletin & review*, 18(6), 1090-1097.
- Wechsler, D. (2012). *Wechsler preschool and primary scale of intelligence—fourth edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental neuropsychology*, 7(2), 131-149.

- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N., & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, 108(3), 436-452.
- Willcutt, E. G., Doyle, A. E., Nigg, J. T., Faraone, S. V., & Pennington, B. F. (2005). Validity of the executive function theory of attention-deficit/hyperactivity disorder: a meta-analytic review. *Biological psychiatry*, 57(11), 1336-1346.
- Wu, K. K., Chan, S. K., Leung, P. W. L., Liu, W. -S., Leung, F. L. T., & Ng, R. (2011). Components and developmental differences of executive functioning for school-aged children. *Developmental Neuropsychology*, 36, 319–337.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9.
- Yeniad, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, M. H., & Pieper, S. (2013). Shifting ability predicts math and reading performance in children: A meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23, 1-9.
- Zelazo, P. D., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. *Blackwell handbook of childhood cognitive development*, 445-469.
- Zelazo, P. D., Müller, U., Frye, D., Marcovitch, S., Argitis, G., Boseovski, J., ... & Carlson, S. M. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the society for research in child development*, i-151.
- Zhan, J. Y., Wilding, J., Cornish, K., Shao, J., Xie, C. H., Wang, Y. X., et al. (2011). Charting the developmental trajectories of attention and executive function in Chinese school-aged children. *Child Neuropsychology*, 17(1), 82–95.